

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Pflanzenbauwissenschaften

# DISSERTATION

## ***Rumex obtusifolius L.* im Wirtschaftsgrünland - ein modellhafter Ansatz zur ökonomischen Bewertung**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor rerum agriculturalarum  
(Dr. rer. agr.)

eingereicht an der  
Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

von  
Diplom-Agraringenieur Thomas Schulz

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. F. Ellmer

Gutachter:      1. PD Dr. H. Hochberg  
                     2. Prof. Dr. Dr. h.c. W. Opitz v. Boberfeld  
                     3. Prof. Dr. F. Weißbach

Datum der Einreichung:      25. Oktober 2012

Datum der Promotion:      27. März 2013

## Zusammenfassung

Der Stumpfblättrige Ampfer (*Rumex obtusifolius*) ist eines der am häufigsten auftretenden Problemunkräuter des Dauergrünlandes. Er verdrängt wertvolle Futtergräser, verringert die Grundfutterqualität und beeinflusst die Futterkonservierung negativ. Zahlreiche Publikationen beschäftigen sich mit der Botanik und der allgemeinen Schadwirkung während zu den wirtschaftlichen Auswirkungen nur wenige belastbare Aussagen veröffentlicht wurden. Das Ziel der Arbeit besteht in der Gewinnung von Daten und Kenntnissen zur ökonomischen Bewertung von St. Ampfer im Wirtschaftsgrünland. Dazu wurden in mehrjährigen Felderhebungen an drei geografisch unterschiedlichen Standorten in Sachsen und Thüringen die Beziehungen zwischen Ampfer-Befall, Ertragsanteil, Trockenmasseertrag von Gras bzw. Ampfer sowie den Inhaltsstoffen analysiert. Die Überprüfung der visuell geschätzten Ampfer-Deckungsgrade erfolgte mit einem fotometrischen Verfahren. In Silierversuchen wurde die Wirkung von steigenden Mischungsanteilen von Ampfer auf den Konservierungserfolg von Weidelgras untersucht. Es wurde festgestellt, dass der Flächenertrag von Ampfer geringer als der des umgebenden Grasbestandes ist. Der prozentuale Ertragsanteil lässt sich über eine mathematische Funktion vom Deckungsgrad ableiten. Bei den jeweils gemeinsam an einem Standort aufgewachsenen Populationen lag die mittlere Energiedichte von Ampfer 24,5 % unter der von Gras. Standortlich unterschiedliche Herkünfte von Weidelgras und Ampfer entsprechen nicht immer diesem Muster und sind daher für binäre Mischungsversuche ungeeignet, da weder die Wirkung abiotischer Einflüsse noch die der interspezifischen Konkurrenz auf die Inhaltsstoffe ausreichend berücksichtigt werden. In den Silierversuchen wurde festgestellt, dass sich Ampfer negativ auf das Gär säuremuster der Grassilagen auswirkt und zu einem anteiligen Rückgang der Energiedichte der Silage von rund 10 % führt. Es wurde ein mathematisches Modell entwickelt, mit dem sich auf Basis der Parameter Gesamt-TM-Ertrag des Bestandes, Energiedichte des Grases, dem Ampfer-Deckungsgrad und unter Einbeziehung des Milchpreises der potentiell entgangene Deckungsbeitrag berechnen lässt. Daraus kann für unterschiedliche Kosten-, Ertrags- und Erlössituationen eine flexible wirtschaftliche Schadensschwelle abgeleitet werden.

**Schlagwörter:** Rumex, Ampfer, Grünland, Futterwert, Inhaltsstoffe, Silage, Schadensschwelle, Bekämpfungsrichtwert, Ökonomie, Modell

## Abstract

Broadleaf dock (*Rumex obtusifolius*) is a weed of significant economic importance in permanent grassland in Germany. This species suppresses valuable forage grasses, reduces the forage quality and adversely affects grass silage preservation. Although the scientific literature is replete with references to dock biology and ecology little information is available quantifying the economic impacts of dock on forage grass yield and quality. The goal of this research was to develop a model to predict dock economic effect on perennial ryegrasses pastures. Experiments were conducted over the course of several growing seasons in three geographically diverse pasture locations in the Eastern part of Germany. Dock density and ground cover, yield proportions and dry matter yield of grass and docks were measured. Ground cover visual estimation and photometric measuring of docks have been evaluated comparatively. A mathematical function was developed to predict dock yield proportion as percentage of the total forage yield from ground cover of docks. In grassland plant assemblages the average net energy of docks was determined to be 24.5 % less than perennial ryegrass. Separate ensiling experiments were conducted to determine the impact of dock on perennial ryegrass preservation when different proportions of dock herbage were mixed with ryegrass herbage. The effect of environment at the different locations where plant materials were sampled was considered. It was found that nutrients of docks and ryegrass from different locations cannot be compared with plants they have grown together at one site. Therefore it can be concluded that plant material from different locations cannot be used easily for binary mixing trials. The ensiling experiments confirmed that docks affect the spectrum of the fermenting acids negatively. Additionally it was determined that dock proportionally reduced silage net energy, on average, by 10 %. A mathematical model, based on total dry matter yield, net energy content of ryegrass and ground cover of docks was developed to determine impact of various dock proportions on the net energy yield per site. The resulting estimate was used to calculate monetary income loss when milk is produced by cattle feeding on dock infested ryegrass silage. From this model it was then possible to determine economic thresholds of dock infestations in ryegrass pasture.

**Keywords:** Rumex, dock, grassland, forage value, nutrients, ensilage, harming threshold, economic benefit, modeling

## Widmung



### **Amalie Dietrich**

Botanikerin und Naturforscherin aus Siebenlehn

geboren am 26. Mai 1821

gestorben am 9. März 1891

*Besser ein schweres Leben, als ein leeres Leben*

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	2
Abstract.....	3
<b>1 Einleitung und Ziel der Arbeit .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Literatur .....</b>	<b>9</b>
2.1 Botanik.....	9
2.2 Erhebungsmethoden und Bekämpfungsrichtwerte .....	11
2.3 Bekämpfungsmöglichkeiten .....	15
2.4 Befall-Schaden Relation, interspezifische Konkurrenz .....	18
2.5 Futterwert, Inhaltsstoffe und Siliereignung .....	21
2.6 Ökonomische Bewertung, Modellansätze .....	30
<b>3 Material und Methoden.....</b>	<b>35</b>
3.1 Erhebung von Bestands- und Ertragsdaten.....	35
3.1.1 Lage der Erhebungsstandorte .....	35
3.1.2 Probenahme .....	36
3.1.3 Methodenentwicklung zur digitalisierten Deckungsgrad-Messung .....	40
3.1.4 Standortcharakterisierung anhand von Ertragsniveau und Ampfer-DG ....	42
3.2 Durchführung der Silierversuche.....	44
3.3 Laboranalytische Untersuchungen.....	48
3.4 Statistische Analysen .....	52
<b>4 Ergebnisse.....</b>	<b>55</b>
4.1 Felderhebungen zur Bestimmung der Schadwirkung.....	55
4.1.1 Deckungsgrad, Ertragsanteile und Abundanz von Ampfer.....	55
4.1.2 TS-Gehalt und TM-Erträge von Gras und Ampfer .....	65
4.1.3 Roh Nährstoffe, Faserbestandteile, Verdaulichkeit und Energiedichte von Ampfer und Gras aus Felderhebungen .....	76
4.1.4 Mineralstoffe und Spurenelemente .....	94
4.2 Ergebnisse der Silierversuche.....	101
4.2.1 Trockensubstanzgehalt, Lagerungsdichte und Gärverlust .....	101
4.2.2 Vergärbare Kohlenhydrate und Gärqualität .....	106
4.2.3 Roh Nährstoffe, Faserbestandteile, Verdaulichkeit und Energiedichten der Modellsilagen.....	115
4.2.4 Mineralstoffe und Spurenelemente .....	127

<b>5 Diskussion .....</b>	<b>130</b>
5.1 Bewertung der Erhebungsverfahren .....	130
5.2 Ampferbefall und Ertragsbeeinflussung .....	138
5.3 Inhaltstoffe und Futterwert von Ampfer aus Felderhebungen .....	143
5.4 Silierversuche .....	153
5.4.1 Eignung der Ausgangsmaterialien .....	153
5.4.2 Bewertung der Silierfähigkeit und Gärqualität .....	157
5.4.3 Inhaltsstoffe und Futterwert der Modellsilagen .....	162
5.5 Modellerstellung und Ökonomische Bewertung .....	169
<b>6 Schlussfolgerungen und Thesen .....</b>	<b>177</b>
Verwendete Abkürzungen .....	179
Tabellenverzeichnis .....	181
Abbildungsverzeichnis .....	186
Literaturverzeichnis .....	189
Anhang .....	201
Danksagung .....	222
Eidesstattliche Erklärung .....	223

# 1 Einleitung und Ziel der Arbeit

Die Assoziation der Weidelgrasweiden (*Lolio-Cynosuretum*) stellt die wirtschaftlich wertvollste Pflanzengesellschaft des mitteleuropäischen Wirtschaftsgrünlandes dar. Ihr natürliches Verbreitungsgebiet erstreckt sich über die maritim beeinflussten Regionen, sie können jedoch bei Aufrechterhaltung einer hohen Nutzungsintensität auch in günstigen Mittelgebirgslagen und im voralpinen Gründlandgürtel langfristig erhalten werden (RIEDER, 1983; OPITZ V. BOBERFELD, 1994). Bei intensivem Nutzungsmanagement ermöglicht diese Form des Dauergrünlandes die Erzeugung von Grobfutter für die Milchviehhaltung, die sich in Konkurrenz zur Grobfutterproduktion aus Silomais bei ebenbürtigen Futterqualitäten auch ökonomisch lohnt (TAUBE, 2009; ANONYM, 2012). Durch optimal zusammengesetzte Pflanzenbestände und frühe Schnittnutzung sind dabei Ertragserwartungen zwischen 80 und 120 dt TM\*ha<sup>-1</sup> bei hohen Energiedichten zwischen 6,2 und 6,7 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> realisierbar (HERTWIG, 2005; HARMS, 2009).

Die seit Beginn der 1990er Jahre starke Extensivierung auf überwiegenden Teilen des ostdeutschen Dauergrünlandes führte einhergehend mit zunehmend schlechter Narbepflege zur Ausbreitung von Ampfer und anderen konkurrenzstarken Unkräutern auf fast allen Standorten (RIEHL & KINERT, 2007; HOCHBERG, 2008). Parallel dazu verminderte sich insbesondere die Futterqualität. BREITBARTH (2007) beziffert die extensivierungsbedingten Ertragseinbußen im wirtschaftlich genutzten Grünland Thüringens auf 30 % bis 47 % bei einem gleichzeitigen Rückgang der Energiedichte um 0,3 bis 0,5 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>. Bei verringerter Bewirtschaftungsintensität steigt der Anteil der aus autochthoner Quelle auftretenden Pflanzenarten spontan an (KLAPP, 1971; ISSELSTEIN, 1995). Dies trifft in besonderem Maße auf den Stumpflättrigen Ampfer (*Rumex obtusifolius*) zu, der ebenfalls zu den Charakterarten der Weidelgrasweiden gehört (OPITZ V. BOBERFELD, 1994; WEIBACH, 1998B).

*R. obtusifolius* ist ein schwer zu bekämpfendes Unkraut und wird von vielen Autoren übereinstimmend als das häufigste Problemunkraut des Dauergrünlandes bezeichnet (HONGO, 1989B; WEIBACH, 1998B; BOHNER, 2001; PÖTSCH, 2001A; SOBOTNIK, 2001; COUNTER et al., 2004). Ampfer verdrängt wertvolle Futtergräser, führt zu schlechteren Grundfutterqualitäten und verringert somit die Milchleistung, hat einen negativen Ein-

fluss auf die Futterkonservierung und beeinträchtigt durch sekundäre Inhaltsstoffe die Tiergesundheit (STÄHLIN, 1971; HUMPREYS et al., 1999; PÖTSCH, 2001B; OPITZ v. BOBERFELD, 2003). Im ökologischen Landbau führt Ampfer zu produktionstechnischen Hemmnissen, da bisher keine ökonomisch bzw. arbeitswirtschaftlich vertretbaren Lösungsansätze zur Verfügung stehen. Dies führt teils bis zur Aufgabe dieser Bewirtschaftungsform (FÖSSLEITNER, 2001; BÖHM et al., 2003). Für den konventionellen Landbau sind trotz umfangreichem Herbizideinsatz nur wenige Informationen über die ökonomischen Auswirkungen der Ampferbekämpfung bekannt (PÖTSCH, 2001A). Auch im internationalen Maßstab gibt es kaum Forschungsarbeit zu Kosten-Nutzen-Analysen und zur Ableitung von Bekämpfungsschwellen (POPAY & BARLOW, 1988; CURAN & LINGENFELTER, 2001; PAYNE, 2009).

Im Zuge der gegenwärtig zu beobachtenden Verknappung der Agrarrohstoffe kommt es zu einer zunehmenden Nutzungskonkurrenzsituation zwischen der Erzeugung von Nahrungs- bzw. Futtermitteln und der Produktion von Biomasse für alternative Energien. Damit rückt eine Grünlandbewirtschaftung mit optimaler Intensität in den Fokus der Landwirte und schafft eine neue Vorzüglichkeit des Grünlandes. Eine effiziente Nutzung setzt dabei auf höchste Futterqualität (HOCHBERG, 2008).

Das grundlegende Ziel der vorliegenden Arbeit ist das Bereitstellen notwendiger Daten und Kenntnisse zur ökonomischen Bewertung von *R. obtusifolius* im weidelgrasbetonten Wirtschaftsgrünland. Dazu werden in Felderhebungen anhand der vergleichenden Bewertung verschiedener Erfassungsmethoden die Auswirkung unterschiedlicher Befallsgrade von *R. obtusifolius* auf Ertragsanteile und Trockenmasseerträge untersucht. Anhand laboranalytischer Untersuchungen werden Aussagen zu Futterqualität und Inhaltsstoffen getroffen. Der Einfluss von *R. obtusifolius* auf den Silierverlauf von Weidelgras wird mittels Laborsilierversuchen untersucht. Es wird ein mathematisches Modell erarbeitet, mit Hilfe dessen Aussagen zu ökonomischen Effekten des Auftretens von Ampfer getroffen, Schadensschwellen abgeleitet und Bekämpfungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis gegeben werden können.



## 2 Literatur

### 2.1 Botanik

Die Gattung *Rumex* gehört zur Familie der Knöterichgewächse, *Polygonaceae*, und kommt weltweit mit rund 200 Arten vor. In Europa erstreckt sich das Verbreitungsgebiet von *Rumex obtusifolius* über alle gemäßigten Klimazonen. Er zählt zu den im Grünland am schwersten zu bekämpfenden Unkrautarten und ist ein typischer Platzräuber mit der Fähigkeit zum Massenvuchs (BOHNER, 2001). In Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität tritt er als Unkraut oft mit Deckungsgraden zwischen 5 % und 8 % auf und kann in stark verunkrauteten Flächen Deckungsgrade zwischen 30 % und 50 % erreichen (SAVORY & SOPER, 1973; SOBOTNIK, 2001). Gut mit Stickstoff und Kalium versorgte Flächen führen oft zum umfangreichen Auftreten von Ampfer, zum pH-Wert des Bodens besteht jedoch kein Zusammenhang (PEEL & HOPKINS, 1980; WEIBBACH, 1998B; HUMPREYS et al., 1999).

Die Angaben über das Samenbildungsvermögen schwanken zwischen 60000 Samen (SOBOTNIK, 2001) und 5000 - 7000 Samen pro Pflanze, der mehrere Jahre im Boden überdauern kann (PÖTSCH, 2001B). Ampfer ist ein ausgesprochener Lichtkeimer, der zur erfolgreichen Etablierung auf Narbenlücken im Bestand angewiesen ist (WEAVER & CAVERS, 1979; MILBERG, 1997; OPITZ v. BOBERFELD, 2003). Während die Keimrate und Keimgeschwindigkeit durch die Wasserspannung und das Vorhandensein von Nitrat nachweislich beeinflusst werden (OPITZ v. BOBERFELD, 2003), spielt die Temperatur nur eine untergeordnete Rolle (ZIRON, 2000). Nach HOPKINS & JOHNSON (2002) ist die Etablierung von *R. obtusifolius* auch aus Abschnitten des Kronenwurzelrandes möglich. Die angepasste Wachstumsstrategie erlaubt den Jungpflanzen eine erfolgreiche Erstbesiedlung auch bei reduziertem Lichtangebot durch interspezifische Konkurrenz (LÜSCHER et al., 2001).

Die aus Samen aufgelaufenen Pflanzen entwickeln zunehmend größere Blätter und bei ungestörtem Wachstum bereits im ersten Standjahr Blütentriebe und reife Samen. Ab einer Höhe der Blütentriebe von 20 – 30 cm erfolgt eine verstärkte Einlagerung von Kohlenhydraten in die Wurzel (VOIGTLÄNDER, LANG & KÜHBAUCH, 1976). Daraus folgt eine hohe Regenerationskraft und Nutzungstoleranz bei häufiger und früher Schnittnutzung. Die tiefgehende Wurzel erlaubt darüber hinaus die Erschließung von Wasser und

Nährstoffressourcen im Unterboden, die für Gräser nicht zugänglich sind (HONGO, 1989A; BOHNER, 2001; SOBOTNIK, 2001).

Mit zunehmender Reife sterben die Blätter von unten nach oben ab. Aus den Erneuerungsknospen am Wurzelhals treiben parallel dazu neue Triebe aus, die aber in den kühleren Regionen des Verbreitungsgebietes im selben Jahr nicht mehr zum Fruchten kommen (MÜLLER, 2008). Unter stetig wiederkehrender Schnittnutzung ist ein beschleunigter Ablauf zu beobachten, so werden beispielsweise in den Sommeraufwüchsen nach vorangegangenem Schnitt bereits innerhalb von 2 Wochen neue Blütentriebe gebildet (eigene Beobachtung). Nach PÖTSCH (2003) überstehen die Ampfersamen die Passage des Verdauungstraktes der Wiederkäuer und auch eine daran anschließende 10 bis 12-wöchige Verweildauer in Rindermist oder Rindergülle ohne nennenswerte Verringerung der Keimfähigkeit. Dieser Weg trägt maßgeblich zur Verschleppung von Ampfersamen auf andere Grünland- und Ackerflächen bei. Zum Ende der Vegetationsperiode sterben alle oberirdischen Pflanzenteile ab. Der Austrieb aus dem Wurzelhals im zeitigen Frühjahr verschafft der Pflanze einen bedeutenden Entwicklungsvorsprung vor den Gräsern (VOIGTLÄNDER, LANG & KÜHBAUCH, 1976). Durch starke intraspezifische Konkurrenz ist die Mortalitätsrate der Keimlinge recht hoch, dennoch wird die durchschnittliche Lebenserwartung von Keimpflanzen von HONGO (1989B) mit 3 – 4 Jahren angegeben. Bei NIGGLI, NÖSBERGER & LEHMANN (1993) überlebten alle verpflanzten Jungpflanzen die Versuchsdauer von 2,5 Jahren. Langzeitversuche mit Ampfer wurden von COURTNEY (1985) durchgeführt, nach 6 Versuchsjahren waren dabei noch 50 bis 60 % der Originalpflanzen nachweisbar. Die Verluste an Altpflanzen wurden durch Neuauftreten jedoch nahezu vollständig kompensiert. Vorzugsweise geschieht dies in den durch das Absterben der Altpflanzen entstandenen Bestandslücken. ZALLER (2006) äußert dazu die Vermutung, dass Ampfer aufgrund allelopathischer Interaktionen in der Lage ist, die Keimung benachbarte Grasarten zu beeinträchtigen.

## 2.2 Erhebungsmethoden und Bekämpfungsrichtwerte

Zur Erfassung der quantitativen Zusammensetzung von Grünlandbeständen bieten sich nach SCHECHTNER (1957) grundsätzlich drei Erhebungsmethoden an. Neben der Erfassung der Individuenzahl (Abundanz), sind dies die Ermittlung der Gewichtsanteile bzw. Masseprozent (Ertragsanteil) und die Ermittlung der von den Pflanzenarten eingenommenen Flächenanteile (Deckungsgrad).

Anhand der **Individuenzahl** pro Flächeneinheit kann beispielsweise gut auf den Erfolg einer Unkrautbekämpfung geschlossen werden (ANONYM, 2009). Für weitergehende ökonomische Bewertungen sind bei diesem Verfahren gleichmäßig entwickelte Einzelindividuen erforderlich, die über vergleichbare Flächen- und Ertragsanteile verfügen, das ist im etablierten Dauergrünland jedoch nur selten gegeben. *R. obtusifolius* zeigt im Wurzelhalsgewebe ein kontinuierliches radiales Wachstum, wobei Gebilde mit bis zu 18 cm Durchmesser entstehen können. Deren Mitte ist oft bereits abgestorben und mit Erde verfüllt, so dass eine eindeutige zahlenmäßige Zuordnung der oberirdischen Pflanzenteile erschwert wird (OPITZ v. BOBERFELD, 1994; MÜLLER, 2008). OSWALD & HAGGAR (1983) sowie HONGO (1989A) verglichen in Japan bzw. England die Parameter Anzahl Ampferpflanzen und Ampfer-Deckungsgrad und deren Effekt auf die Ertragsbildung von Grünlandbeständen. Übereinstimmend stellten sie fest, dass aufgrund der hohen Variabilität der Größe der Einzelpflanzen die Individuenzahl nur wenig mit der TM-Produktion des Bestandes korrelierte. Beispielsweise bedeckten zwei große Ampferpflanzen eine größere Grundfläche als 5 oder 10 Pflanzen mit gering ausgeprägter Blattmasse (OSWALD & HANGAR, 1983). RIEHL & KINERT (2007) geben den Durchmesser von Ampferpflanzen mit 0,3 – 0,5 m an, daraus resultiert ein Flächenanteil pro Einzelpflanze von 0,07 – 0,2 m<sup>2</sup>.

Nach BRIEMLE et al. (1998) stellt die Schätzung der **Ertragsanteile** die in Deutschland übliche Methode im Grünland-Versuchswesen dar und wird daher auch für die Angabe von Bekämpfungsrichtwerten genutzt. Das Verfahren wurde erstmalig 1929 von KLAPP, E. beschrieben (zit. bei OPITZ v. BOBERFELD, 1994) und bewertet die prozentualen Trockenmasseanteile der jeweiligen Arten im stehenden Bestand. Der Ertragsanteil würdigt die für ökonomische Berechnungen notwendige Masse des Erntegutes, kann aber nicht die flächenmäßige Ausdehnung der Arten beschreiben, da Ertragshöhe und TS-Gehalt artenspezifisch ausgeprägt sein können (SCHECHTNER, 1957). Zur Kontrolle und Kali-

brierung der Schätzer sind regelmäßige Kontrollen der gewichtsmäßigen Anteile durch separate Beerntung der einzelnen Fraktionen und die Bestimmung der TS-Gehalte zwingend erforderlich (AHRENS, 1958). Nach KLAPP (1956) eignet sich das Verfahren der Ertragsanteilschätzung sehr gut zur Bewertung komplexer Pflanzengesellschaften und von Bestandsentwicklungen. Die Werte ergeben sich aus der horizontalen Deckung unter Einbeziehung der Faktoren Wuchsform, Masse und Vitalität in Relation zu den anderen Pflanzenarten. Die Aufnahmeflächen sollen den zu bewertenden Bestand repräsentativ abbilden und nicht größer als 25 m<sup>2</sup> sein (BRIEMLE, 1992). Zur Schätzung der Ertragsanteile wird von ELSÄSSER (2010) eine Methode empfohlen, bei der an einer zufällig im Bestand ausgewählten Stelle ein Kreis mit einem Durchmesser von 5 m abzutreten ist. Gedanklich fadenkreuzförmig über diesen Kreis gelegte Linien segmentieren diesen so weit, bis die zu bewertende Pflanzenart den gewählten Bereich vollständig ausfüllt. Dieser so ermittelte Anteil repräsentiert jedoch nicht wie beschrieben den Ertragsanteil, sondern den von der jeweiligen Art eingenommenen Flächenanteil.

Methoden zu Vegetationsaufnahmen unter Schätzung des **Deckungsgrades** einzelner Arten gehen auf Arbeiten von BRAUN-BLANQUET (1964) zurück. Er führte eine 7-stellige Skala ein, mit deren Hilfe die Deckungen in Klassen mit definierten Grenzen eingeordnet wurden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der projektiven oder sichtbaren Deckung, die mit dem von oben sichtbaren Bild des Pflanzenbestandes übereinstimmt und der wahren Deckung, die der von der Pflanzenbasis eingenommenen Fläche entspricht. Gegenüber der o.g. groben Klasseneinteilung hat sich heute die Verwendung von Prozentskalen durchgesetzt. Die Deckung entspricht dabei dem Anteil einer Flächeneinheit an der Grundfläche, die bei einer senkrechten Projektion von den Teilen der betreffenden Pflanze eingenommen wird. Der Deckungsgrad ist in der Summe auf 100 % begrenzt und zeichnet ein aussagekräftiges Bild der Dominanzverhältnisse eines Pflanzenbestandes (MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974 zit. bei TRAXLER, 1997). Nach LOCK et al. (2004) ist der Deckungsgrad eine wichtige Größe zur Beschreibung des Zustandes von Grünlandflächen und kann durch visuelle Schätzung oder unter Verwendung technischer Hilfsmittel erhoben werden. Bei der visuellen Schätzung hat sich als praktische Schätzhilfe der Fausttrick bewährt. Die halboffene Faust einer großen Männerhand ergibt ein ca. 10 x 10 cm Quadrat, das bei einer Erhebungsfläche von 1 m<sup>2</sup> die Fläche von einem Prozent abdeckt (TRAXLER, 1997). Ein Verfahren unter Verwen-

dung technischer Hilfsmittel stellt die Punkt-Quadrat-Methode dar, die allerdings einen sehr hohen Zeitaufwand erfordert und daher nur für kleine Erhebungsflächen geeignet ist (OPITZ V. BOBERFELD, 1994), aber dennoch von verschiedenen Autoren angewendet wurde (OSWALD & ELLIOTT, 1970; COURTNEY, 1985). In jüngster Zeit wird an Verfahren zur bildanalytischen Unkrautklassifikation und Flächenanteilsschätzung gearbeitet. Unter optimalen Versuchsbedingungen wurden Erkennungsraten von Ampferpflanzen zwischen 70,9 % und 95,3 % erreicht. Eine automatische quantitative Erfassung von Ampfer-Deckungsgraden ist damit jedoch noch nicht möglich (GEBHARDT & KÜHBAUCH, 2006). Auch HIMSTEDT, FRICKE & WACHENDORF (2009) arbeiteten an diesem Verfahren und erzielten mit 93,9 % recht hohe Detektionsraten von Leguminosen-Anteilen in Gefäßversuchen mit binären Mischungen aus Klee bzw. Luzerne und Weidelgras.

Die visuelle Schätzung von Flächenanteilen bzw. Deckungsgraden ist eine einfach und schnell durchführbare Methode zur quantitativen Erfassung von Pflanzenbeständen im Dauergrünland und wird zumindest außerhalb Deutschlands von einer Vielzahl von Autoren angewendet (SAVORY & SOPER, 1973; OSWALD & HAGGAR, 1983; COURTNEY 1985; HONGO, 1989A; SOBOTNIK, 2001).

Als Schadensschwelle wird bei Unkräutern eine Befallsdichte definiert, bei deren Überschreiten die Unkrautpopulation einen negativen Einfluss auf den Ertrag der Kulturpflanze ausübt. Die wirtschaftliche Schadensschwelle (**Bekämpfungsrichtwert**) bezeichnet damit den Punkt, ab dem die Kosten der Maßnahme durch die Wertsteigerung des Bestandes mindestens kompensiert werden. Ökonomische Schadensschwellen können sich auf Maßnahmen innerhalb einer Wachstumsperiode oder auf langfristig wirkende Effekte beziehen (COBLE & MORTENSEN, 1992). Der Bekämpfungsrichtwert wird einerseits von der Dichte der konkurrierenden Populationen und andererseits von der Ertragserwartung der Kulturpflanze beeinflusst (BAEUMER, BÖTTGER & RAUBER, 1983). Bei Überschreiten des Bekämpfungsrichtwertes ist ein Herbizideinsatz ökonomisch gerechtfertigt (RIEHL, 2001; ANONYM, 2008).

Mit Ausnahme einer Arbeit von DOYLE et al. (1983) liegen im internationalen Schrifttum keine Angaben über Schadschwellen von Ampfer im Dauergrünland vor. Laut der genannten Autorengruppe übersteigen ab einem Ampfer-Deckungsgrad von 5 % die positiven ökonomischen Effekte die Kosten einer Ampferbekämpfung mit dem Präparat

Asulox, gleichzeitig wird angemerkt, dass die Schadschwelle in Abhängigkeit vom Futterwert (des Ampfers) und den Kosten der Behandlung variiert.

Nach CURRAN & LINGENFELTER (2001) und PAYNE (2009) orientieren sich Bekämpfungsentscheidungen in den USA an der visuell erkennbaren Behandlungswürdigkeit und der Intuition des Anwenders. Übereinstimmend wird das Fehlen von belastbaren Informationen zu Schadschwellen oder Kosten-Nutzen Analysen beklagt.

**Tab. 2-1:** Bekämpfungsrichtwerte für großblättrige Ampferarten in Wiesen und Weiden, Deutschland, bundeslandspezifisch

Quelle	Bekämpfungsrichtwert	Bundesland
ANONYM (2011A)	0,1 Pflanzen*m <sup>-2</sup>	Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen
ANONYM (2011B)	5 % Ertragsanteil oder 0,5 Pflanzen*m <sup>-2</sup>	Baden-Württemberg
ANONYM (2012)	0,5 (-1,0) Pflanzen*m <sup>-2</sup>	Schleswig-Holstein
BÄR (2009)	5 % TM-Ertragsanteil	Sachsen
BERENDONK (2008)	5 % Ertragsanteil oder 0,3 - 0,5 Pflanzen*m <sup>-2</sup>	Nordrhein-Westfalen
ELSÄSSER (2010)	5 % FM-Ertragsanteil	Baden-Württemberg
FISAHN (2012)	5 % FM-Ertragsanteil	Niedersachsen
GEBHARDT (2011)	> 1 Pflanzen*m <sup>-2</sup>	Mecklenburg-Vorpommern
GEHRING (2009)	5 % FM-Ertragsanteil, ca. 0,5 Pflanzen*m <sup>-2</sup>	Bayern
NEFF & BÖTTNER (2012)	5 % FM-Ertragsanteil	Hessen

In Tabelle 2-1 sind die derzeitig von den Landwirtschaftsberatungen der deutschen Bundesländer publizierten Bekämpfungsrichtwerte für großblättrige Ampfer-Arten in Wiesen und Weiden mit den entsprechenden Quellenangaben dargestellt. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Bekämpfungsrichtwerte werden auf Basis der Individuenzahl oder der Ertragsanteile angegeben. Bei Angabe der Pflanzenzahl reicht die Bandbreite von 0,1 Pflanzen\*m<sup>-2</sup> bis zum 10-fachen des Wertes mit >1 Pflanze\*m<sup>-2</sup>. Bei Angabe auf Basis der Ertragsanteile wird übereinstimmend ein Wert von 5 % angeführt, wobei sich einige Autoren auf den Grünmasseanteil, andere hingegen auf den Anteil in der Trockenmasse beziehen bzw. dies nicht näher spezifizie-

ren. Bei keiner der aufgeführten Quellen wurden darüber hinaus Angaben zur Herkunft der jeweiligen Werte gefunden, so dass die Vermutung naheliegt, dass es sich um nicht-empirisch gewonnene Erkenntnisse handelt. Daher wurde von BÖHM et al. bereits 2003 resümiert, dass einheitlich definierte Schadensschwellen für verschiedene Nutzungsrichtungen bzw. Nutzungsintensitäten fehlen.

### 2.3 Bekämpfungsmöglichkeiten

Das Auftreten von *R. obtusifolius* im Wirtschaftsgrünland kann durch eine Reihe von Bewirtschaftungsmaßnahmen beeinflusst werden. Unter Berücksichtigung der allgemeinen Kenntnisse über den Lebenszyklus sollte durch eine angepasste Nutzungsart die Ausbreitung und Etablierung unterdrückt und eine dichte Grasnarbe gefördert werden. Zu den indirekten Maßnahmen zählen die Verhinderung des Aussamens durch Anpassen der Schnittfrequenz bzw. durch Weidenachmahd, der Verzicht auf überhöhte Stickstoffdüngung und die Vermeidung von Narbenschäden jeglicher Art (KLAPP, 1971; ELSÄSSER, 2003; PÖTSCH, 2003).

Mehrere Autoren beschäftigten sich mit der Frage, inwieweit etablierter Ampfer durch Veränderung der Nutzungshäufigkeit in seinem Schadauftreten beeinflusst werden kann. Intensive Beweidung führte nach HUMPREYS et al. (1999) und STILMANT et al. (2010) zu einer Reduktion der Blattmasse. BOCKHOLT & KANNEWURF (2001) stellten fest, dass Jungvieh bei hohem Weidedruck die Blätter von jungem Ampfer verbeißt, aber selbst bei größtem Hunger ältere Triebe, Stängel und Blüten verschmäht. Der Verbiss der Blätter und jungen Pflanzen führt nach STARZ, STEINWIDDER & ANGERINGER (2010) aber nur zu einer Veränderung des Habitus von *R. obtusifolius*, was in der Praxis oft mit einer Reduktion des Befalls gleichgesetzt wird. Die genannten Autoren stellten in einem System aus zweijähriger Kurzrasenweide und anschließender Schnittnutzung keine signifikante Änderung der Ampferdichte fest. Nach ORMROYD (1966) und HARKNESS (1976), beide zitiert bei COURTNEY & JOHNSTON (1978), wird bei Weidehaltung der Verzehr von Ampfer im Wesentlichen vermieden. DERRICK, MOSELEY & WILMAN (1993) sehen die entscheidende Ursache dafür in einer geringen Schmackhaftigkeit, mit der sich die Pflanze vermutlich vor Fraßfeinden zu schützen sucht.

Kurze Schnittintervalle von 4 Wochen verringerten die Biomassebildung und die Wettbewerbskraft, ohne dabei jedoch den Ampferbefall nennenswert zurückzudrängen (COURTNEY, 1985; NIGGLI, NÖSBERGER & LEHMANN, 1993; HOPKINS & JOHNSON, 2002). Darüber hinaus stellte HONGO (1989A) fest, dass häufige Schnitte das Überleben von Jungpflanzen förderten. Durch extensive Schnittnutzung und einer darauf eingestellten N-Düngung verliert *R. obtusifolius* zwar Flächen- und Ertragsanteile (BOCKHOLT & KANNEWURF, 2001) gleichzeitig geht aber auch der Jahresgesamt-TM-Ertrag des Bestandes und insbesondere der Ertrag der wertvollen Grasfraktion signifikant zurück (HOPKINS & JOHNSON, 2002). Die Angepasstheit von Ampfer wird besonders prägnant von JEANGROS & NOESBERGER (1990) beschrieben. Danach ist Stickstoff der limitierende Faktor in der Jungpflanzenentwicklung, andererseits führt ein hohes N-Angebot zum Massenwachstum der Gräser und damit zur Unterdrückung von Ampfer. Auf die zunehmende Beschattung der Jungpflanzen reagiert dieser wiederum mit der Ausbildung größerer Blätter, um sich so der oberirdischen Konkurrenz der Gräser zu entziehen.

Nach übereinstimmender Aussage lässt sich Ampfer nach Ausbildung der Pfahlwurzel durch indirekte Maßnahmen nicht mehr zufriedenstellend zurückdrängen (COURTNEY, 1985; HONGO, 1989A; JEANGROS & NOESBERGER, 1990; HOPKINS & JOHNSON, 2002; BÖHM et al., 2003; FINZE & BÖHM, 2003). Auch die verstärkte Förderung konkurrenzstarker Gräser hat in diesem Stadium keine ausreichende Wirkung mehr (NIGGLI, NÖSBERGER & LEHMANN, 1993; ELSÄSSER, 2003). Lediglich die Nutzungsaufgabe betroffener Flächen führt zu einer deutlichen Verringerung des Ampferbefalls (SOBOTNIK, 2003; MARTINKOVA et al., 2009). LÜSCHER et al. (2001) resümiert daher, dass im intensiv bewirtschafteten Grünland Bestandslenkungsversuche mit Nutzung und Düngung nicht geeignet sind Unkrautprobleme zu lösen. KLAPP (1971) orientierte bei hartnäckigen Unkräutern auf den Umbruch und Neuansaat oder den Einsatz von Herbiziden. Auch PÖTSCH (2003) empfiehlt in diesem Stadium das Entfernen der gesamten Pflanze einschließlich der Wurzel oder die Abtötung durch physikalische oder chemische Maßnahmen.

Im **ökologischen Landbau** scheidet der Einsatz von Herbiziden aus, so dass alternativ nur mechanische oder thermische Verfahren zur Anwendung kommen können. Nach BÖHM et al. (2003) ist dabei die mechanische Bekämpfung die wirkungsvollste Maßnahme. Das Ausstechen von Hand zeigte mit 75 % insgesamt bessere Wirkungen als die



Anwendung des maschinellen „Wutzi“-Verfahrens (44 % Wirkung). Mit einer bonitieren Wirkung von 8 % blieb in Versuchen das oberflächliche Abflammen mit Propangasbrennern nahezu wirkungslos, bereits innerhalb weniger Tage kam es nach FINZE & BÖHM (2003) zum Neuaustrieb und einer fast vollständigen Regeneration. LATSCH et al. (2007) experimentierten mit fahrbaren Mikrowellengeräten zum lokalen Erhitzen der Ampferwurzel auf 100 °C. Für das Erreichen einer nachhaltigen Wirkung von 90 % sind eine Heizleistung von 18 Kilowatt und eine Einwirkzeit von 11 Sekunden erforderlich. Alle beschriebenen Verfahren sind dem Prinzip der Einzelpflanzenbehandlung zuzuordnen, für das PÖTSCH (2001B) eine Schadschwelle von 2000 Pflanzen\*ha<sup>-1</sup> angibt. Für das manuelle Ampferstechen wird vom Autor ein durchschnittlicher Zeitaufwand von rund 23 Sekunden pro Pflanze angegeben.

Der Arbeitszeitaufwand der **chemischen Verfahren** in der Einzelpflanzenbehandlung liegt bei 10 – 30 % des Bedarfs der mechanischen bzw. thermischen Verfahren (GEHRING, 2009). Bei der Verwendung selektiv wirkender Herbizide im Rahmen der Einzelpflanzenbehandlung gibt PÖTSCH (2001B) einen mittleren Arbeitszeitaufwand von knapp 7 Sekunden pro Pflanze an. Erfolgen diese Maßnahmen erst ab einem Befall in Höhe der vom Autor genannten Schadschwelle von 2000 Pflanzen\*ha<sup>-1</sup>, errechnet sich dafür ein Zeitaufwand von rund 4 Stunden pro Hektar, so dass aus wirtschaftlichen Gründen spätestens ab dieser Befallsstärke ein Übergang zur Flächenspritzung als sinnvoll angesehen wird.

Selektiv wirkende Herbizide auf Wuchsstoffbasis werden in der landwirtschaftlichen Praxis seit den 1960-er Jahren zunehmend auch im Grünland eingesetzt. Anfang der 1980-er Jahre wurde mit Asulam erstmals ein Wirkstoff mit guter Ampferwirkung, aber auch mit deutlichem Potenzial zur Gräsereschädigung in Europa zugelassen (COURTNEY, 1985). Ab 1985 erfolgte die Einführung des Wirkstoffes Fluroxypyr. Das Produkt Starane 180 besaß neben einer guten Ampferwirkung auch eine sehr gute Verträglichkeit gegenüber Gräsern (THOMPSON, 1987). Dieser Wirkstoff bildet die Basis der heute in Deutschland breit eingesetzten Grünlandherbizide Starane Ranger (in Kombination mit Triclopyr) und Simplex (in Kombination mit Aminopyralid). Beide Produkte sind sehr sicher in der Wirkung gegen *Rumex spp.*, *Taraxacum officinale* und *Urtica dioica* und können aufgrund der hohen Selektivität gegenüber Gräsern während der gesamten Vegetationsperiode eingesetzt werden (BERNHARD et al., 2004; SCHULZ, BERNHARD &

FUCHS, 2006). Harmony SX mit dem Wirkstoff Thifensulfuron besitzt bei schlechterer Verträglichkeit eine zu Starane Ranger vergleichbare Wirkung auf *R. obtusifolius*. Es zeigt eine geringere Breitenwirkung, ist aber dafür das einzige Produkt mit Kleeschonung (ANONYM, 2011A). In Feldversuchen und Praxisanwendungen zeigte sich, dass Simplex das derzeit stärkste Mittel gegen Ampfer- und Distelarten zum Einsatz in Wiesen und Weiden ist (ROTH & KOLLAS, 2009). In einer 4-jährigen Versuchsserie ermittelten die Autoren jeweils ein Jahr nach der Anwendung von Simplex einen durchschnittlichen Wirkungsgrad von 99%. Nach der selektiven Unkrautbekämpfung fördern Stickstoffgaben und Nachsaaten den Wuchs der erwünschten Gräser, unterdrücken den Neuaufbau und stellen eine geeignete Möglichkeit zur langfristigen Bestandsverbesserung dar (LÜSCHER et al., 2001; DITTMANN & BOCKHOLT, 2004; HOCHBERG, 2008).

## **2.4 Befall-Schaden Relation, interspezifische Konkurrenz**

Im Zeitraum ab Beginn der 1970-er bis Ende der 1980-er Jahre wurde von mehreren Autoren an der experimentellen Erforschung der Schadwirkung von *R. obtusifolius* gearbeitet. Hohe Ampfer-Befallsstärken tragen maßgeblich zur Biomassebildung des Grünlandbestandes bei. Nach COURTNEY (1972) kann Ampfer bei Schnittnutzung einen Jahres-TM-Ertrag von 10 – 30 dt\*ha<sup>-1</sup> erreichen. Mit zunehmendem Befall steigt der Ampfer-Ertrag überproportional an. Bis zu einem Deckungsgrad von 10 % beobachteten DOYLE et al. (1983) einen TM-Ertrag des Ampfers von 20 kg pro 1 % DG, oberhalb einer Flächendeckung von 10 % stieg der TM-Ertrag auf 40 kg je 1 % DG an. Auch COURTNEY (1972) und HONGO (1989A) beobachteten übereinstimmend, dass Flächen mit hohem Befall an *R. obtusifolius* im Allgemeinen ertragsstärker waren als Flächen mit geringerem Befall. Nach RIEDER (1983) entspricht die Ampferdichte von 1 Pflanze\*m<sup>-2</sup> einem mittleren Anteil an der beerntbaren Grünmasse von 20 %, bei mastigen Altpflanzen kann der Anteil bis zum Doppelten betragen.

Ein Ampfer-Deckungsgrad von 1 % führte in Mischbeständen zu einem Rückgang des Grasertrages von ebenfalls 1 %, das hat zur Folge, dass nach erfolgreicher selektiver Bekämpfung der Flächenertrag zunächst zurückgeht. (COURTNEY, 1970; COURTNEY, 1985). Auch OSWALD & HAGGAR (1983) fanden eine negative Korrelation zwischen dem Gras-TM-Ertrag und der Zunahme der Ampferdeckung. Die Autoren POPAY &

BARLOW (1988) verallgemeinerten, dass der Ertrag im Grünland in direkter Beziehung zur Flächeninanspruchnahme durch Unkräuter steht.

*R. obtusifolius* hat einen geringeren Flächenertrag als *Lolium perenne*. Nach DERRICK, MOSELEY & WILMAN (1993) erreichte Ampfer einen Ertragsanteil von 50 – 62 % des TM-Ertrages von Deutschem Weidelgras. COURTNEY (1985) fand darüber hinaus eine Beziehung zum Düngungsniveau. Bei einem niedrigen Stickstoffaufwand von 50 kg N\*ha<sup>-1</sup> erreichte Ampfer 72,7 % des Ertragspotenzials von Weidelgras. Wurde die Stickstoffmenge auf 400 kg N\*ha<sup>-1</sup> gesteigert, erreichte Ampfer nur noch 60,9 % des Potenzials von Gras. Das legt die Vermutung nahe, dass Ampfer im Gegensatz zu Weidelgras bereits bei niedrigem Stickstoffangebot sein Optimum der Biomassebildung erfährt. Bei vergleichbarem Deckungsgrad hat Ampfer somit in Beständen mit niedrigem Ertragsniveau einen tendenziell höheren Ertragsanteil. Daraus folgen steigende Ampfer-Ertragsanteile bei sinkenden TM-Erträgen des Bestandes im Jahresverlauf (COURTNEY, 1972; OSWALD & HAGGAR, 1983).

Wie im vorstehenden Absatz dargelegt, wird innerhalb eines Weidelgras-Ampfer-Mischbestandes pro Flächeneinheit von Ampfer weniger Trockenmasse produziert als von Weidelgras. Bei selektiver Bekämpfung wird damit die bisher vom Ampfer eingenommene Grundfläche frei und kann nun von Gras beansprucht werden, so dass es zumindest hypothetisch betrachtet zu einem Ertragsanstieg kommen kann. In Versuchen von COURTNEY (1985) zeigten Flächen mit ursprünglich hohen Ampferdeckungen von 25 – 30 % nach der Bekämpfung einen Anstieg des Jahres-Grasertrages. Bei THOMPSEN (1987) wurde im Jahr nach dem Einsatz von selektiv wirkenden Herbiziden im Mittel von 5 Versuchen ein um 9,3 % höherer Gesamt-TM-Ertrag als in den unbehandelten Parzellen nachgewiesen. Der Ampfer-Deckungsgrad lag zu Versuchsbeginn bei mittleren 30 %. COURTNEY & JOHNSTON (1974) stellten fest, dass nach Herbizideinsatz der Rückgang des Ampfer-Ertrages durch die Zunahme des Gras-Ertrages ausgeglichen wird. In einigen Fällen kam es zu einem leichten Anstieg des Gesamtertrages, ohne dass dieser durch Nachsaatmaßnahmen zum schnelleren Lückenschluss besonders stimuliert worden wäre. Ähnliches wurde auch von SAVORY & SOPER (1973) beobachtet. Die Autoren vermuteten, dass die deutliche Zunahme des Grasertrages durch eine Neubesiedlung der Lücken oder durch eine bessere Nutzung der freigewordenen Ressourcen hervorgerufen wird und schlussfolgern, dass der Anstieg des Grasertrages mit dem

ursprünglichen Ampfer-Deckungsgrad korreliert. Resümierend stellt PÖTSCH (2001B) fest, dass die selektive Entfernung von Ampfer durch den Verlust der Biomasse einen Ertragsverlust gegenüber Unbehandelt von 20 - 40 % hervorruft. Diese Ertragsreduktion kann aber bereits in den Folgeaufwüchsen des gleichen Jahres sowohl quantitativ durch die Erhöhung des Grasanteils, als auch qualitativ durch die Verbesserung des Futterwertes ausgeglichen werden.

In Mischbeständen des Dauergrünlandes greifen die verschiedenen Arten zunächst auf die gleichen Wachstumsfaktoren Licht, Wasser, Nährstoffe und Standraum zurück. **Konkurrenz** tritt dann ein, wenn der Ressourcenbedarf einer oder mehrerer Arten das Angebot der Umwelt übersteigt (HUBER & SANNWALD, 2001). Mischbestände verschiedener Pflanzenarten zeigen theoretisch in Summe einen höheren Ertrag als im jeweiligen Monokulturanbau. Praktisch gibt es in der Literatur aber nur wenige Ergebnisse, die dies eindeutig belegen (SNAYDON, 1987).

Die von HARRIS & RHODES (1989) in Neuseeland im Freiland angebauten Mischungen aus Gras und Weißklee zeigten einen um 5,3 % höheren Gesamt-TM-Ertrag als die Summe der Erträge im Monokulturanbau. Eine vergleichende Versuchsserie in Wales (GB) belegte darüber hinaus die Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Ohne N-Düngung lag der Ertrag des Mischbestandes um 13,8 % und mit N-Düngung um 7,8 % höher als der des reinen Weißkleebestandes. Der Ertragsanstieg lässt sich hier zumindest teilweise mit der N-Fixierung der Knöllchenbakterien begründen, da diese der Pflanzengemeinschaft zu insgesamt größeren Nährstoffressourcen verhelfen. HOFMANN, ISSELSTEIN & OPITZ V. BOBERFELD (1997) untersuchten die Veränderung der Ertragsleistung von Grasbeständen nach der Einsaat von *Taraxacum officinale* und *Plantago lanceolata*. Nach Etablierung der Einsaaten zeigten die Mischbestände aus Gras und *P. lanceolata* einen leicht höheren Gesamtertrag als reine Grasbestände. Im Gegensatz dazu lag der Gesamtertrag der Mischungen aus Gras und *T. officinale* um 12 – 25 % unter dem Ertrag der reinen Grasbestände. Anders als bei den vorgestellten Ergebnissen von HARRIS & RHODES handelt es sich hierbei um eine echte Konkurrenzsituation, da dem Gesamtsystem von außen keine zusätzlichen Ressourcen zugeführt wurden.

Nach JEANGROS & NOESBERGER (1990) konkurrieren die in Bestandslücken neu aufgekommenen Keimpflanzen von *R. obtusifolius* sowohl untereinander, als auch mit den benachbarten Graspflanzen um die gleichen Wachstumsfaktoren. Mit Ausbildung der

Pfahlwuzel und der Fähigkeit zur Erschließung von tiefer liegenden Wasser- und Nährstoffressourcen verschafft sich Ampfer einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Gras. Auch die meist horizontal ausgerichteten Blätter führen zu deutlichen Vorteilen, da diese das eintreffende Licht effizienter als die aufrecht wachsenden Gräser nutzen können (HUBER & SANNWALD, 2001). Das Zusammenwirken und die Abhängigkeiten der Wachstumsfaktoren in Pflanzengemeinschaften können mit Konkurrenz-Modellen beschrieben werden (ISSELSTEIN, 1994; BRAUN, 2000). In der landwirtschaftlichen Forschung wird häufig das Modell nach DE WIT (1960) verwendet. Das Modell bewertet die Ressourcenkonkurrenz anhand der Bestandsentwicklung im Rein- und Mischanbau. Über den abgeleiteten relativen Verdrängungskoeffizienten können Konkurrenzsituationen unter verschiedenen Bedingungen miteinander verglichen werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist die Anwendung dieses Modells nicht möglich, da sämtliche Daten zu Deckungsgraden, Ertragsanteilen und TM-Erträgen im etablierten Dauergrünland in Weidelgras-Ampfer-Mischbeständen erhoben wurden und somit vergleichende Daten aus dem Reinanbau der Fraktionen nicht zur Verfügung stehen.

## **2.5 Futterwert, Inhaltsstoffe und Siliereignung**

Der futterbauliche Wert von Grünlandpflanzen setzt sich neben dem Ertrag und der Fähigkeit sich langfristig im Bestand zu halten, aus der Futterqualität (Energiedichte und wertgebende Inhaltsstoffe) sowie der Konservierungseignung zusammen (ISSELSTEIN, 1994). Eine optimale ökonomische Grundfutternutzung und deren maximale Umsetzung in tierische Leistung sind zur Kostendeckung im intensiv genutzten Wirtschaftsgrünland von elementarer Bedeutung. Der Energiegehalt der Futterrationsration ist der zumeist erstliminierende Faktor für die Erreichung hoher Milchleistungen (TREYSE et al., 2008). Bei Grundfutter vom Grünland wird dafür eine dafür über das Jahr gemittelte Energiedichte von größer  $6,2 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  vorausgesetzt (HOCHBERG, 2008). Mindere Qualitäten sind in der Mutterkuhhaltung nutzbar oder im Extremfall nur noch als Einstreu oder zur Kompostierung geeignet (HERTWIG, 2005).

Bestandsumschichtungen wirken nach KLAPP (1971) wegen der verschiedenen Nährstoffgehalte der einzelnen Pflanzen sehr stark auf den Futterwert des Aufwuchses. Er bewertete *R. obtusifolius* mit der Futterwertzahl ,1‘ und damit als wertlose bis gering-

wertige Pflanze. STÄHLIN (1971) stufte Ampfer vor der Blüte bei Ertragsanteilen bis zu 3 % als sehr geringwertig, bei bis zu 10 % Ertragsanteil als wertlos und bei höheren Anteilen sogar als leistungsmindernd und gesundheitsschädlich ein. Als Gründe für die geringe Qualität nennt er die mit zunehmendem Alter verholzenden Stängel sowie die hohen Gehalte an sekundären Inhaltstoffen. Bei ähnlichen Rohfasergehalten von Gras und Ampfer hat *R. obtusifolius* einen deutlich höheren Anteil an schwer verdaulichem Lignin (HERTWIG, 2004). MAMORU et al. (1991) fanden einen Lignifizierungsgrad ( $ADL \cdot ADF^{-1}$ ) von 0,3 im Vergleich zu 0,2 bei Weißklee (*Trifolium repens*) und zu 0,1 bei Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*). DERRICK, MOSELEY & WILMAN (1993) stellten gegenüber Gras einen um 44 % niedrigeren NDF-Gehalt und einen um 23 % geringeren ADF-Gehalt fest, während der Ligningehalt um 89 % über dem von Gras lag.

Trotz der in Summe relativ geringen Menge an Zellwandbestandteilen wurde von den genannten Autoren eine um 25 % geringere in-vitro-**Verdaulichkeit** im Vergleich zu *Lolium perenne* nachgewiesen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch von MAMORU et al. (1991) vorgelegt, und zwar unabhängig vom Entwicklungsstadium des Ampfers. BOCKHOLT & KANNEWURF (2001) stellten in intensiven zweijährigen Untersuchungen einen Rückgang der Verdaulichkeit von 76 % im Mai auf 60 % im Juli bezogen auf die Blätter und auf 40 % in den Stängeln fest. Nach Ansicht von BOCKHOLT (2004) gibt dabei die Einbeziehung der mit der Cellulasemethode ermittelten in-vitro-Verdaulichkeit den tatsächlichen Futterwert von minderwertigen Futterarten besser wieder, als die Energieschätzung nach der Rohrnährstoffmethode. COURTNEY & JOHNSTON (1978) fanden für *R. obtusifolius* eine mittlere in-vitro-Verdaulichkeit von 58 % (46 – 69 %), die Verdaulichkeit von *L. perenne* lag mit 76 % (66 – 80 %) deutlich höher. Bei keinem der 27 paarweisen Einzelvergleiche übertraf dabei die Verdaulichkeit von Ampfer die von Gras. Ohne wesentliche saisonale Schwankungen betrug die Gesamt-Verdaulichkeit von Ampfer rund 80 % der von Weidelgras. Von den genannten Autoren liegt auch eines der seltenen in vivo Ergebnisse vor. Von 3 Standorten wurden verschiedene Bestandteile des Ampfers einzeln untersucht. Mit 56 % wiesen die Stängel die niedrigste Verdaulichkeit auf, gefolgt von den Blättern mit 63 % und den Blattstielen mit 68 %. Auch TILLEY & TERRY (1963), zitiert bei HEJDUK & DOLEZAL (2004), fanden eine gute Übereinstimmung zwischen der in-vitro-Verdaulichkeit von Ampfer (48,2 – 62,2 %) zu der im Tierversuch ermittelten in vivo Verdaulichkeit (50,3 – 59,5 %). Von DERRICK, MOSELEY &

WILMAN (1993) wurden Fütterungsversuche an Schafen durchgeführt. Die in ad libitum Fütterung mit frischem Ampfer erreichte TM-Aufnahme lag 50 % unter der von Gras. Das war besonders deutlich, wenn der Ampfer in gehäckselter Form vorgelegt wurde. Die Autoren vermuteten, dass frischer gehäckselter Ampfer aufgrund von Geruch oder Geschmack selbst von hungrigen Schafen nur ungern aufgenommen wird. Die Fütterung von Ampfer führte bei Schafen zu einer gegenüber Gras verringerten Tageszunahme von 53 - 65 %.

Grundlage für die energetische Bewertung von Futtermitteln für Wiederkäuer sind beispielsweise die unter Gliederungspunkt 3.3 vorgestellten und in dieser Arbeit verwendeten Formeln und Schätzgleichungen (7), (8) und (9). Sie basieren im Wesentlichen auf den Ergebnissen des Rostocker Futterbewertungssystems und auf von der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie empfohlenen Bedarfsnormen (STEINHÖFEL et al., 2008). Mit diesem System können verschiedene Futtermittel bezüglich ihrer Energiedichte direkt miteinander verglichen und ökonomisch bewertet werden. Die Parameter Verdaulichkeit und Rohproteingehalt gehen mit positivem Vorzeichen in die Gleichung zur Schätzung der umsetzbaren Energie ein, während die Rohasche und der  $ADF_{org}$ -Gehalt reduzierend wirken (LOSAND et al., 2008). Dementsprechend führt die geringe Verdaulichkeit von *R. obtusifolius* auch zu niedrigen Werten in der Energiedichte, da der Faktor Verdaulichkeit das Ergebnis der Schätzgleichung wesentlich beeinflusst.

BOCKHOLT & KANNEWURF (2001) stellten vom Vegetationsstadium abhängige Energiedichten des Ampfers fest. Junge Blätter hatten eine **Energiedichte** von über 6,0 MJ NEL, ab Stängelbildung sank diese auf ca. 5,0 MJ NEL und erreichte den tiefsten Wert mit unter 4,0 MJ NEL in der Blüte, jeweils pro kg Trockenmasse. Zum Zeitpunkt der Silierreife des ersten Aufwuchses ermittelte BOCKHOLT (2001) eine mittlere Energiedichte von 5,9 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>. In der bereits erwähnten Studie von DITTMANN & BOCKHOLT (2004) erarbeiteten die Autoren in zweijährigen Erhebungen eine umfangreiche Datenbank, für die im wöchentlichen Abstand vom 1. Mai bis Mitte Juli wesentliche Futterwertparameter verschiedener Pflanzenarten des nordostdeutschen Niedermoores unter vergleichbaren Bewirtschaftungsbedingungen erhoben wurden. Daraus lässt sich für den genannten Zeitraum eine mittlere Differenz der Energiedichte zwischen *R. obtusifolius* und *L. perenne* von 1,68 MJ NEL \* kg TM<sup>-1</sup> ableiten. Im Zeitraum der Silierreife zwischen letzter Mai- und erster Junidekade lag diese Differenz bei mittleren

1,46 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>. Die geringste Differenz wurde mit 0,76 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> in der ersten Maidekade festgestellt. Über den gesamten Zeitraum der Datenerhebungen wurde in keinem Fall für *R. obtusifolius* eine vergleichbare oder höhere Energiedichte als für *L. perenne* ermittelt. Im Rahmen einer Literatursauswertung wurde von THAYSEN (2006) für reine Ampfersilage eine Energiedichte von 5,1 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> und für reine Grassilage ein Wert von 6,4 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> angegeben.

Nach TAUBE (2009) liegt der Bedarf der Milchkühe an **Rohprotein** zwischen 16 % und 18 % der Trockenmasse. Höhere Gehalte sind unerwünscht, da diese zu steigenden N-Ausscheidungen und damit zu sinkender N-Verwertungseffizienz führen. In der Literatur finden sich einige wenige primäre Angaben zu Rohproteingehalten von *R. obtusifolius*, diese liegen recht hoch und reichen von 194 g\*kg TM<sup>-1</sup> bis 294 g\*kg TM<sup>-1</sup> (MAMORU et al., 1991; BOHNER, 2001; HEJDUK & DOLEZAL, 2004). Angaben zu weiteren Rohnährstoff-Gehalten von Ampfer finden sich in der Literatur nur sporadisch. BOHNER (2001) sowie HEJDUK & DOLEZAL (2004) fanden in eigenen Untersuchungen Rohfasergehalte von 107 g\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 261,5 g\*kg TM<sup>-1</sup> und Rohaschegehalte von 101 g\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 105 g\*kg TM<sup>-1</sup>.

Zu den Gehalten an **Makronährstoffen** von *R. obtusifolius* wurden von MAMORU et al. (1991), WILMAN & RILEY (1993), BOHNER (2001) und HEJDUK & DOLEZAL (2004) Analyseergebnisse veröffentlicht. Übereinstimmend werden hohe und über den Bedarfsnormen (ANONYM, 2010) liegende Gehalte an Magnesium und Kalium festgestellt, während der Natriumgehalt eher gering ist. Insbesondere die hohen Kaliumgehalte werden kritisch gesehen, da ein Überangebot die Resorption von Na, Mg und Ca beeinträchtigt (OPITZ v. BOBERFELD, 1994). Auch HEJDUK & DOLEZAL (2004) vermuten darin eine Ursache für zunehmende Tiergesundheitsprobleme. Die niedrigen natürlichen Na-Gehalte von Ampfer und deren durch das hohe Kaliumangebot gehemmte Aufnahmefähigkeit, lassen primär Na-Mangelerscheinungen wahrscheinlich sein. TERÖRDE (1997) fand in Studien zu ihrer Arbeit sich teils widersprechende Aussagen zum Na-Bedarf. Nach übereinstimmenden Aussagen mehrerer Autoren seien jedoch Kalium / Natrium-Verhältnisse von größer als 10 - 15 / 1 als kritisch anzusehen. Natriummangel kann sich u.a. in verminderter Fresslust, Leistungsminderung und Fruchtbarkeitsstörungen niederschlagen (ANONYM, 2010). Die Gehalte an Kalzium und Phosphor sind im Wesentlichen



mit denen der begleitend untersuchten Gräser vergleichbar und decken die Bedarfsmengen ab. Bei den genannten Autoren finden sich keine Angaben zum Chlor- bzw. Schwefel-Gehalt von *R. obtusifolius*, so dass eine nachträgliche Berechnung der Futterkationen-Anionen-Differenz nicht möglich war. Die DCAB ist ein Parameter zur Beurteilung der Alkalität einer Futtermischung und gibt die Menge der nicht metabolisierten, bioverfügbaren Ionen in der Ration an (BLOCK, 1994 zitiert bei MONTAG, 2005) und ist hilfreich, um mögliche Effekte auf den Säuren-Basen-Status zu ermitteln. Nach MONTAG (2005) ist die Reduzierung der DCAB eine Möglichkeit zur Begrenzung der Häufigkeit des Auftretens von Milchfieber, das durch eine akute Störung des Ca-Stoffwechsels der Milchkuh hervorgerufen wird. Als Prophylaxe wird empfohlen, den DCAB auf kleiner oder gleich  $200\text{-}300 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$  einzustellen (STAUFENBIEL et al., 2009). Insbesondere der gegenüber Gras erhöhte Kaliumgehalt von Ampfer ist im direkten Vergleich der beiden Pflanzenarten für die weitere Erhöhung des DCAB-Wertes verantwortlich. Eine Verminderung des Kaliumgehaltes der Futtermischung ist über den Austausch von Grassilage durch Maissilage, oder durch die Fütterung saurer Salze erreichbar.

Angaben zum Gehalt an **Spurenelementen** von Ampfer finden sich einzig bei MAMORU et al. (1991). Die Autoren fanden dabei eine gute Übereinstimmung bei den Elementen Cu, Mn und Zn zu den empfohlenen Bedarfsmengen zur Fütterung von Milchkühen (ANONYM, 2010). Die Zahlenwerte der von den genannten Autoren veröffentlichten Gehalte an Makronährstoffen und Spurenelementen sind vergleichend zu eigenen Ergebnissen unter Gliederungspunkt 5.3 dargestellt.

Neben der niedrigen Energiedichte trägt der hohe Gehalt an **Oxalsäure** zur geringen Qualität von *R. obtusifolius* bei (BOHNER, 2001). Oxalat, der Wirkstoff der Oxalsäure, führt nach PÖTSCH (2001A) zu einer lokalen Reizung der Verdauungsorgane und der Bindung von Blutkalzium, wodurch es zur Nierenschädigung und zur Bildung von Nierensteinen durch ausgefälltes Kalziumoxalat kommen kann. HEJDUK & DOLEZAL (2004) benennen ebenso die Beeinträchtigung der Ca-Verfügbarkeit und eine Verringerung der Zellulose-Verdaulichkeit als negative Faktoren. Die Autoren geben einen Kaliumoxalat-Gehalt (Kaliumsalz der Oxalsäure) zwischen  $9,3$  und  $41,1 \text{ g*kg TM}^{-1}$  an. BOHNER (2001) nennt einen Wert  $6,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Nach HATCHER et al. (1997), liegt der Oxalge-

halt von *R. obtusifolius* zwischen 50 und 180 mg\*g TM<sup>-1</sup>. Diese Mengenangabe korrespondiert mit der von PÖTSCH (2001A), der einen Gehalt an freier Oxalsäure von 15 – 45 mg \*100 g FM<sup>-1</sup> angibt. Die Oxalsäure ist eine der stärksten natürlich vorkommenden Säuren. BOCKHOLT & KANNEWURF (2001) vermuten, dass der niedrige pH-Wert der Grünmasse des Ampfers darauf zurückzuführen ist. Bei der Silierung führen Tannine und der hohe Gehalt an Oxalsäure zu einer sofortigen pH-Wert Absenkung und in der Folge zur Verringerung des Proteinabbaus sowie der Milch- und Essigsäuregärung (DANIEL, 1998A).

Während STÄHLIN (1971) neben den Oxalsäuren auch die Gerbstoffe und dabei insbesondere die **Tannine** als eine der Ursachen der geringen Qualität von *R. obtusifolius* ausmacht, erfahren die Tannine zwischenzeitlich eine differenziertere Betrachtung und rücken zunehmend in den Fokus wissenschaftlicher Forschungstätigkeit. Tannine sind sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe und können aus tiergesundheitslicher Sicht schleimlösende, entzündungshemmende, antibiotische und antiparasitische Wirkungen haben (WESTENDARP, 2006). In diesem Zusammenhang berichtet SCHARENBERG et al. (2005) über die hemmende Wirkung von kondensierten Tanninen auf Magen-Darm-Nematoden beim Wiederkäuer. Tannine führen nach WAGHORN & JONES (1989), DANIEL (1998B) und SCHARENBERG et al. (2005) zur Reduktion des Proteinabbaus im Pansen, vermutlich bedingt durch temporäre Inaktivierung der Pansenbakterien. WAGHORN & JONES (1989) wiesen bei Vorhandensein von 10 % Ampfer in der Ration eine Reduktion der löslichen Proteine im Pansensaft nach. Gleichzeitig wurde von der Mehrzahl der Autoren aber auch von einer Reduzierung der Futteraufnahme berichtet. Nach DANIEL (1998B) zerfällt Tannin zu Gallussäure, was zur Absenkung des pH-Wertes im Pansen führt. Bei unzureichender Abpufferung kann es dadurch zur Übersäuerung und Störung der Stoffwechselvorgänge der Pansenbakterien kommen. Bei der Silagebereitung können Tannine darüber hinaus dem Proteinabbau während der Vergärung entgegenwirken (GIERUS, 2008; HOEDTKE, 2010). Nach WAGHORN & JONES (1989) liegt der Gehalt an kondensierten Tanninen bei *R. obtusifolius* zwischen 11,3 und 22,9 g\*kg TM<sup>-1</sup>, hohe Anteile wurden dabei vor allem in älteren Blättern und besonders in den Blütenständen nachgewiesen. Die Aussagen zum Tanningehalt von *L. perenne* sind uneinheitlich und reichen von 1,1 g\*kg TM<sup>-1</sup> (GIERUS, 2008) bis 18 g\*kg TM<sup>-1</sup> (BARRY & McNABB, 1999 zitiert bei HOEDTKE, 2010).

Für die **Silierbarkeit** von Grünlandaufwüchsen ist der **TS-Gehalt** des Ausgangsmaterials eine entscheidende Größe, zu niedrige Werte beeinträchtigen die Futterkonservierung negativ (HUMPREYS et al., 1999). Optimale TS-Gehalte für Anwelksilagen liegen zwischen 30 % und 40 % der Frischmasse, dies gewährleistet hohe Futteraufnahmen und vermeidet die Entstehung von Buttersäure (KALZENDORF, 1997). *R. obtusifolius* hat wie viele andere Kräuter des Grünlandes im Vergleich zu Gras einen niedrigen TS-Gehalt, dieser Unterschied wird auch durch das Anwelken nicht ausgeglichen. Nach HATCHER et al. (1997) verändert sich der TS-Gehalt von Ampfer mit der Stickstoffdüngung. Ampfer von ungedüngten Flächen hatte mit 18,5 % einen höheren TS-Gehalt als von Flächen mit mäßiger Stickstoffversorgung. In Versuchen von HEJDUK & DOLEZAL (2004) lag nach 24-stündigem Anwelken der TS-Gehalt von Gras bei 33,8 % und der von Ampfer hingegen bei nur 16,8 %. Zur Verbesserung der Gäreigenschaften von Mischaufwüchsen wären zur Erreichung vergleichbarer Welkegrade theoretisch pflanzenartspezifisch unterschiedliche Anwelkzeiten erforderlich (OPITZ v. BOBERFELD, 2008). Von PEYKER (2003) wird daher empfohlen, ampferhaltige Partien regelmäßig nur unter Einsatz von Silierhilfsmitteln zu konservieren.

Eine optimale **Lagerungsdichte** im Futterstock begünstigt den Gärverlauf und verbessert die aerobe Stabilität nach Öffnen des Silos. In Abhängigkeit vom TS-Gehalt des Ausgangsmaterials werden Sollwerte der Lagerungsdichte empfohlen, diese liegen für Gras mit einem TS-Gehalt von 20 % bei 160 kg TM\*m<sup>-3</sup> und steigen bei 40 % Trockensubstanz auf 230 kg TM\*m<sup>-3</sup> an (HONIG, 1986). Auch SCHMERBAUCH (2000) verweist auf eine Mindestlagerungsdichte zwischen 200 und 210 kg TM\*m<sup>-3</sup>, um optimale Voraussetzungen für die Wirksamkeit von Silierzusätzen zu schaffen. Dafür sind nach PEYKER (2003) Einlagerungsdichten von 600 bis 700 kg\*m<sup>-3</sup> bezogen auf die Frischmasse des Welkgutes anzustreben. Die empfohlenen Richtwerte sind unter Praxisbedingungen nicht immer einfach einzuhalten. THAYSEN, RUSER & KLEINMANN (2006) untersuchten vom Sommer 2003 bis Frühjahr 2005 Praxissilagen in Schleswig-Holstein und fanden in rund der Hälfte von 210 untersuchten Proben die geforderte Mindestverdichtung nicht erreicht.

Mit der Silierbarkeit von *R. obtusifolius* haben sich nur sehr wenige Autoren beschäftigt. Der im Allgemeinen hohe Rohproteingehalt von Wiesenkräutern führt zu einer hohen

Pufferkapazität (WEIBBACH, 1967). Gleichzeitig wirkt sich der niedrige Zuckergehalt von Ampfer generell negativ auf dessen Vergärbarkeit aus (WEIBBACH, 1998B; BOHNER, 2001). BOCKHOLT (2001) nennt einen Wert von  $72 \text{ g*kg TM}^{-1}$  für den Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten. Zuckerreiche Sorten von *L. perenne*, wie beispielsweise die in den Silierversuchen der Jahre 2007 und 2008 verwendete Sorte ‚Aberavon‘, weisen demgegenüber mittlere Gehalte an wasserlöslichen Kohlenhydraten von  $130 - 140 \text{ g*kg TM}^{-1}$  auf (LASER, 2006). In einer vergleichenden Studie zum Nährstoffgehalt verschiedener Grünlandpflanzen ermittelten WILMANN & RILEY (1993) in den Blättern von *R. obtusifolius* einen wasserlöslichen Kohlenhydratgehalt von  $76 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und in *L. perenne* von  $105 \text{ g*kg TM}^{-1}$ .

Der Z/PK-Quotient für *R. obtusifolius* wird von BOCKHOLT & KANNEWURF (2001) mit  $1,4 - 2,3$  und von WEIBBACH (1998B) mit  $4,1$  angegeben. Dennoch findet bedingt durch den hohen Gehalt an Oxalsäure im Zellsaft des Ausgangsmaterials und einem daraus resultierenden niedrigen pH-Wert von  $4,8$  so gut wie keine Vergärung statt (WEIBBACH, 1998B). Der Autor folgert, dass eine Milchsäuregärung zur Erreichung der Haltbarkeit unter Luftabschluss auch kaum erforderlich ist. Eine weitere Absenkung des pH-Wertes ist nach BOCKHOLT & KANNEWURF (2001) nur mit Silierhilfsmitteln auf Basis von Milchsäurebakterien möglich. Auch HEJDUK & DOLEZAL (2004) berichten von einem pH-Wert von  $4,69$  in reiner Ampfersilage, der vergleichende Zusatz von Milchsäurebakterien bewirkte eine nur geringfügige Absenkung auf  $4,55$ . Der Säuerungsgrad der Ampfersilage unterschied sich somit nur wenig von dem der reinen Grassilage, die einen pH-Wert von  $4,3$  aufwies. Die Autoren arbeiteten sowohl mit reinen Ampfer- und Grassilagen, als auch mit einer  $50:50$  Mischung aus beiden Partien. Alle Silagen, auch die zu  $100 \%$  aus reinem Ampfer bestehenden, waren im Wesentlichen frei von Buttersäure, gleiches berichtet auch WEIBBACH (1998B). Die Grassilage wies mit  $101 \text{ g*kg TM}^{-1}$  deutlich mehr Milchsäure auf als die reine Ampfersilage mit  $37 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Dies stützt die Aussage von WEIBBACH (1998B), dass aufgrund des natürlichen Säuerungsgrades keine Milchsäuregärung stattfindet. Beide Autoren fanden in den reinen Ampfersilagen mit  $11 - 17 \text{ g*kg TM}^{-1}$  einen sehr niedrigen Essigsäuregehalt vor und wiesen darauf hin, dass demzufolge im Silostock mit vermehrter Hefebildung und nach dem Öffnen mit einer deutlichen Neigung zu aerober Instabilität zu rechnen ist. Der niedrige Anteil an Essigsäure in der von WEIBBACH (1998B) hergestellten Ampfersilage führte zur Note ‚2‘

bei der Bewertung der Gärqualität nach dem DLG-Schlüssel von 1997. Die nachträgliche Anwendung dieses Schlüssels auf die Ampfersilagen von HEJDUK & DOLEZAL (2004) führte ebenfalls zur Bewertung mit der Note ‚2‘, während die reine Grassilage und die Mischungsvariante jeweils die Note ‚1‘ erhielten.

Der genannte und heute im Rahmen der praxisrelevanten Futtermittelanalyse nicht mehr genutzte DLG-Schlüssel 1997 nach WEIßBACH & HONIG (1997) verwendet Merkmale des Gärungsverlaufs und des Nährstoffabbaus im Silo zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen aller Art. Dazu werden im Einzelnen der Gehalt an Butter- und Essigsäure, der Anteil des Ammoniak-Stickstoffs am Gesamtstickstoff und der pH-Wert in Abhängigkeit vom TS-Gehalt durch Punktzahlen bewertet und daraus ein zusammenfassendes Urteil abgeleitet.

Der neuere und derzeit empfohlene DLG-Schlüssel 2006 bewertet den Gärerfolg dagegen anhand von in der Silage unerwünschten Stoffabbauprodukten (ANONYM, 2006). Die Gärqualität wird dabei aus den Mengenverhältnissen von Butter- und Essigsäure unter Berücksichtigung des pH-Wertes abgeleitet. Der neue Schlüssel misst einem niedrigen Buttersäuregehalt eine wesentlich höhere Bedeutung zu. Unterhalb eines Essigsäure-Gehaltes von 3 % in der Trockenmasse erfolgt anders als beim DLG-Schlüssel von 1997 keine weitere Abstufung und damit auch keine negative Bewertung von geringen Essigsäure-Gehalten auf die aerobe Lagerstabilität.

Alternativ dazu erfolgt an der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft die Beurteilung des Gärerfolgs von Grünfuttersilagen auch nach dem im Jahr 2004 von LÜDKE modifizierten Lettiner Schlüssel (ANONYM, 1971). Dieser Schlüssel bewertet die Parameter pH-Wert, Ammoniak-Gehalt in Abhängigkeit vom Rohproteingehalt und mit geringerer Gewichtung auch den TM-Gehalt der Silagen. Der Lettiner Schlüssel führte im Rahmen eines in Thüringen durchgeführten Silage-Monitorings im Gegensatz zum DLG-Schlüssel 1997 zu einer moderateren Bewertung der Silagen (MATTHES, 2006).

Die Wirkung der unterschiedlichen Bewertungsschlüssel auf das Gesamturteil des Gärerfolgs wird anhand der von WEIßBACH (1998B) und HEJDUK & DOLEZAL (2004) gewonnenen Ergebnisse und im Vergleich zu den im Rahmen der vorliegenden Dissertation erarbeiteten Daten unter Gliederungspunkt 5.4.2 dargestellt.

## 2.6 Ökonomische Bewertung, Modellansätze

Im Zuge der wissenschaftlichen Untersuchung des Auftretens von *R. obtusifolius* im Dauergrünland wurde vereinzelt auch der Versuch unternommen, den hervorgerufenen Schaden ökonomisch zu bewerten. Aus dem deutschen Sprachraum liegen dazu einige Arbeiten vor, die sich der Problematik anhand von Beispielsrechnungen nähern und dem Bereich der nicht begutachteten Literatur zu zuordnen sind.

SCHMITT (1989) schätzt die von einer Ampferpflanze eingenommene Fläche auf 0,1 bis 0,2 m<sup>2</sup> und berechnet über ein angenommenes Ertragsniveau und eine verallgemeinerte Energiedichte die entstehenden Energieverluste pro Hektar und setzt anschließend die dafür notwendigen Produktionskosten in Höhe von 0,30 DM\*10 MJ NEL<sup>-1</sup> in Relation zu den Bekämpfungskosten einer Ganzflächenbehandlung in Höhe von 120 DM\*ha<sup>-1</sup>. Er schlussfolgert daher, dass in dem von ihm beschriebenen Beispiel die ökonomische Schadensschwelle im Mittel bei 0,5 Pflanzen\*m<sup>-2</sup> liegt.

RIEHL & KINERT (2007) gehen von einem Durchmesser der Ampferpflanzen zwischen 0,3 und 0,5 m aus. Bei einem flächendeckenden Befall mit einer Pflanze\*m<sup>-2</sup> und einer angenommenen homogenen Verteilung folgt daraus pro Hektar ein Flächenverlust von 7 bis 20 %. Diesen Verlust an Fläche setzen die Autoren mit einem Ertragsverlust in selber Höhe gleich und berechnen beispielhaft für die Nutzungsarten Weide, Frischfutter bzw. Anwelksilage bei vorgegebenen Nettoenergie-Erträgen und differenzierten Erzeugungskosten zwischen 0,08 und 0,20 EUR\*10 MJ NEL<sup>-1</sup> einen Verlust pro Hektar zwischen 38,61 EUR\*ha<sup>-1</sup> bei Weidenutzung und 94,05 EUR\*ha<sup>-1</sup> bei Schnittnutzung zur Silageproduktion. Der von RIEHL & KINERT (2007) beschriebene Algorithmus lässt sich verallgemeinernd wie folgt zusammenfassen.

$$\text{Verlust} = \text{TM-Gesamt} * \text{NEL-Gesamt} * \text{EA-Ampfer} * \text{Erzeugungskosten}$$

THAYSEN (2006) geht in einem Beispiel von einem TM-Ertrag einer Grünlandfläche von 115 dt\*ha<sup>-1</sup> aus und berechnet in Anlehnung an OSWALD (1983) den Rückgang des absoluten TM-Ertrages aus der relativen Ertragsreduktion in Abhängigkeit von der Anzahl Ampferpflanzen\*m<sup>-2</sup>. OSWALD selbst hält jedoch den Parameter Pflanzenzahl aufgrund stark unterschiedlicher Pflanzengrößen für ungeeignet, um den Effekt von *R. obtusifolius* auf die Ertragsbildung zu beschreiben (OSWALD & HAGGAR, 1983). Die theoretisch fehlende Menge an Trockenmasse wird anschließend über die Wiederbeschaffungskos-

ten für Silage in entsprechender Menge und einem Preis von 25 EUR\*m<sup>-3</sup> berechnet. Bei einer angenommenen Abundanz von einer Pflanze\*m<sup>-2</sup> und einer Ertragsreduktion von 5 % ergeben sich somit zusätzliche Kosten von 75 EUR\*ha<sup>-1</sup>, zwei Pflanzen\*m<sup>-2</sup> führen zu einer TM-Ertragsreduktion von 11 % und zu zusätzlichen Kosten für die Ersatzbeschaffung in Höhe von 150 EUR.

In einem anderen Ansatz kalkuliert THAYSEN (2006) die Energiedichte von Silage basierend auf verschiedenen Ampfer-Mischungsanteilen und einer mittleren Ampfer-Energiedichte von 5,1 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>. Die gegenüber der ampferfreien Silage mit einer Energiedichte von 6,4 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> resultierende Energiedifferenz wird anschließend zum Preis von Kraftfutter gegengerechnet. Zusätzlich wird mit steigenden Ampferanteilen und damit sinkenden Energiedichten eine verringerte Grobfutteraufnahme unterstellt und die fehlende Energie in Form von Kraftfutter zugeschlagen. Bei einem Ampferanteil in der Silage von 10 % ergeben sich so zusätzliche Kosten für Kraftfutter in Höhe von 65 EUR. Der Autor verfolgt somit den Ansatz der Kompensation des Ertragsausfalls durch Zukauf von Silage oder durch zusätzlichen Einsatz von Kraftfutter.

Nach DOYLE (1982) und STEINHÖFEL (2003) wird der ökonomische Wert eines Futtermittels erst beim Einsatz in der Veredlung deutlich, entscheidend sind dabei die Futterkosten je kg Milch und nicht die Erzeugungskosten des Futtermittels. Erschwert wird die ökonomische Bewertung von Unkräutern im Dauergrünland nach COURTNEY & JOHNSTON (1978) und DOYLE (1982) dadurch, dass sie einerseits oft selbst einen ökonomischen Wert besitzen und es andererseits kaum einen funktionierenden Markt für Gras oder Silage gibt, da diese zumeist innerbetrieblich eingesetzt werden. STEINHÖFEL (2003) hält darüber hinaus die Ermittlung der Preiswürdigkeit von Grundfutter anhand von Kraftfutterkosten nicht für sinnvoll, da Grundfutter aus ernährungsphysiologischer Sicht nicht unbegrenzt durch Kraftfuttermittel ersetzbar ist.

SCHMITT (1989), THAYSEN (2006) sowie RIEHL & KINERT (2007) bewerten den entstehenden Verlust an Masse bzw. Energie und dessen Kompensation beim modellierten Auftreten von Ampfer und gehen dabei in ihren Ansätzen von einem theoretisch ampferfreien Bestand bzw. ampferfreien Silagen aus und rechnen von diesen ausgehend gewissermaßen rückwärts. Der Ist-Zustand vieler Landwirtschaftsbetriebe besteht je-

doch darin, bereits mehr oder weniger große Probleme mit dem Auftreten von Ampfer und den damit zusammenhängenden Problemen zu haben (KLEFFMANN, 2002).

DOYLE (1982) beschäftigt sich auf Basis einer vorhandenen Verunkrautung mit dem Wert von Unkrautbekämpfungsmaßnahmen und der Prognose des daraus resultierenden Mehrertrages. Als mögliche Parameter zur ökonomischen Bewertung des steigenden Grasertrages nennt er eine mögliche Erhöhung des Tierbesatzes, Einsparungen bei zugekauften Konzentrat-Futtermitteln oder das Freiwerden von Futterfläche für Ackerfrüchte. Allerdings resümiert er, dass solche Ansätze zur betriebswirtschaftlichen Bewertung problematisch sind, da eine Vielzahl von äußeren Faktoren die Berechnung erschweren oder unmöglich machen können. Als mögliche Nachfolgekosten werden beispielsweise Kosten der Herdenvergrößerung, des Stallbaus oder für das Schaffen von zusätzlichem Siloraum genannt (DOYLE & ELLIOTT, 1983; POPAY & BARLOW, 1988).

DITTMANN & BOCKHOLT (2004) stellen in einem Kalkulationsschema die Wechselwirkungen zwischen Ertragsanteil und Energiedichte verschiedener Grünlandpflanzen auf die Energiedichte und die Ertragshöhe des Gesamtbestandes dar. Exemplarisch beschreiben sie den Rückgang der Energiedichte des Aufwuchses bei steigenden Mischungsanteilen von minderwertigen Arten.

Bereits SPEEDING (1966), zitiert bei DOYLE (1982), verweist darauf, dass Unkräuter im Grünland einerseits mit den Gräsern konkurrieren, andererseits aber auch einen Beitrag zum Gesamtertrag leisten. Diese Teilhabe am Trockenmasse- und Energieertrag muss bei einer ökonomischen Betrachtungsweise entsprechend gewürdigt werden. Anhand eines allgemeingültigen Modells beschreibt der Autor die Veränderung der Verdaulichkeit der organischen Substanz von binären Grünlandaufwüchsen in Abhängigkeit vom potenziellen unkrautfreien Grasertrag der Fläche, dem Beitrag des Unkrauts zum Gesamtertrag, dem gegebenen Unkrautbefall und der spezifischen Verdaulichkeit von Gras und Unkraut.

Dieses Modell stellt einen wichtigen Beitrag zum theoretischen Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Gras und Unkraut im Grünland dar und wird im Folgenden kurz erläutert. *DOM* steht für die prozentuale Verdaulichkeit der organischen Masse der Mischung aus Gras und Unkraut. *Dg* gibt die prozentuale Verdaulichkeit von Gras und *Dw* die des Unkrautes an. *Yg* steht für den potenziell möglichen Grasertrag in kg TM\*ha<sup>-1</sup>



bei Unkrautfreiheit.  $Y_w$  leitet sich vom Grad der Verunkrautung ab und beschreibt den Beitrag an Trockenmasse, den das Unkraut zum Gesamtertrag leistet und  $rw$  entspricht dem durch die Verunkrautung hervorgerufenen proportionalen Rückgang von  $Y_g$ .

$$\triangle DOM = \left( \frac{Dg}{100} \right) Yg - \left[ (1 - rw) * \left( \frac{Dg}{100} \right) Yg + \left( \frac{Dw}{100} \right) Yw \right] \quad (1)$$

Der Term vor der eckigen Klammer beschreibt die maximal mögliche Verdaulichkeit des reinen Grasbestandes, während innerhalb der eckigen Klammer die Summe der auf die jeweiligen Ertragsanteile gewichteten Verdaulichkeit von Gras bzw. Unkraut aufgeführt ist. Ist die Verdaulichkeit des Unkrautes kleiner als die von Gras, führt dies zu einer reduzierten Gesamt-Verdaulichkeit, die Gleichung gibt dabei den absoluten Verlustbetrag als Ergebnis wieder.

Der Autor führt ferner aus, dass im Fall des Nichtverzehrs des Unkrautes durch das Tier die Formel auf den folgenden Ausdruck reduziert werden kann. Der Wert der Verdaulichkeit des Unkrautes bleibt dabei unberücksichtigt, dies kann beispielsweise bei Weidehaltung der Tiere relevant sein.

$$\triangle DOM = rw \left( \frac{Dg}{100} \right) Yg \quad (2)$$

Bei der Silagefütterung verunkrauteter Partien hat das Tier jedoch nicht die Möglichkeit der Selektion, so dass in diesem Fall der Rückgang der Verdaulichkeit nur nach der zuerst genannten Formel berechnet werden kann. Beide Formeln lassen sich im Prinzip auch nutzen, um in angepasster Form die Veränderung anderer Parameter, z.B. Energiedichte oder Rohprotein-Gehalt zu ermitteln, allerdings ist bei der Anwendung die Bestimmung einer Vielzahl unterschiedlicher Parameter notwendig. Darüber hinaus wird wie bei allen bisher genannten Bewertungsansätzen der potenziell entstehende Verlust, nicht jedoch der ökonomische Vorteil einer Qualitätsverbesserung beurteilt.

Es ist daher erfolgversprechender, bei der ökonomischen Bewertung des Schadauftritts von *R. obtusifolius* der These von GRUBER et al. (2001), zitiert bei SPIEKERS (2004) zu folgen, nach der eine Steigerung der Energiedichte von Grobfutter um 1,0 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> zu einer über den Laktationsverlauf gemittelten Mehraufnahme von Grobfutter in Höhe von 1 kg Trockenmasse pro Kuh und Tag führt. Die beschriebene Mehraufnahme von Trockenmasse aus dem Grobfutter muss dabei nicht mit einem grö-

ßeren aufgenommenen Volumen und damit auch nicht mit der Verdrängung von Kraftfutter aus dem Pansenvolumen einhergehen. Nach KALZENDORF (1997) wird das Futteraufnahmevermögen bei sinkendem TS-Gehalt durch den steigenden Wassergehalt beschränkt. *R. obtusifolius* hat gegenüber Gras sowohl eine geringere Energiedichte als auch einen deutlich niedrigeren TS-Gehalt, steigende Ampferanteile im Grobfutter verringern somit bei gegebenem Pansenvolumen die maximal aufnehmbare Menge an Trockensubstanz und umsetzbarer Energie. Die Bekämpfung des Ampfers und eine Besiedelung der freigewordenen Lücken durch Gras führen damit logischerweise zu einem Anstieg des TM-Ertrages und der Energiedichte des Bestandes. Mit zunehmender Energiekonzentration der Grassilage und der damit einhergehenden höheren TM-Aufnahme aus dem Grobfutter steigt die Milchleistung signifikant an (SPIEKERS, 2004), während die Vorzüglichkeit des Einsatzes von Kraftfutter zurückgeht.

Diesem Ansatz folgend würde zur Bewertung des ökonomischen Schadens von *R. obtusifolius* nicht wie von der Mehrzahl der Autoren beschrieben, der Rückgang des Grasertrages bzw. der Nettoenergie und deren Kompensation oder die Erhöhung des Grasertrages und dessen Verwertung über zusätzliche Produktion oder Kraftfuttereinsparung berechnet, sondern die mögliche Zunahme der Energiedichte des Gesamtaufwuchses, die daraus resultierende Steigerung der Energieaufnahme und deren Umsetzung in Milchleistung. Gegenüber dem Ist-Zustand kann dabei von gleichbleibenden Kosten der Grobfutterproduktion ausgegangen werden. Auch die theoretische Anzahl der Tiere bleibt stabil, da der dem Grobfutter zuzurechnende Füllungsgrad des Pansens unverändert bleibt, dafür aber die aufgenommene Energiemenge steigt.

Das zu entwickelnde Modell wird also vordergründig die Verbesserung der Qualitätsparameter berücksichtigen, dazu wird in Anlehnung an die o.g. Formel (1) und auf Basis einer Erhebung des Ampfer-Deckungsgrades sowie der Werte der Ertragserwartung und Energiedichte des Bestandes ein verändertes Bewertungsverfahren vorgeschlagen.

Nach Ergebnissen von BOCKHOLT (2001) erscheint die Prognose von Futterwert und Siliereignung über Bestandserhebungen auf Teilflächen realisierbar. Auch OSWALD & HAGGAR (1983) vermuten dass es möglich ist, anhand einer im Mai durchgeführten Bonitur den im Laufe des Jahres entstehenden Verlust und daraus den monetären Wert einer Unkrautbekämpfung zur gezielten Ausschaltung der Ampfer-Konkurrenz berechnen zu können.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Erhebung von Bestands- und Ertragsdaten

##### 3.1.1 Lage der Erhebungsstandorte

Die Felderhebungen zur Ermittlung der Ertragsrelevanz von *Rumex obtusifolius* – Stumpfbblätteriger Ampfer (im Folgenden als „Ampfer“ bezeichnet) im Wirtschaftsgrünland wurden in den Jahren 2008 und 2009 auf drei unterschiedlichen natürlichen Grünlandstandorten in Sachsen und Thüringen durchgeführt. In beiden Bundesländern fiel die Wahl auf Veredlungsbetriebe mit intensiv bis standortangepasst optimaler Bewirtschaftungsweise des Grünlandes (HARMS & HEILMANN, 2008; HOCHBERG, 2008) und einem hohen Milchleistungsniveau.

**Tab. 3-1:** Standorte und Bewirtschaftungsparameter der Felderhebungsflächen, 2008 und 2009

Standort	Agrargen. Bergland <b>Clausnitz</b> e.G. 09623 Rechenberg- Bienenmühle	Agrargenossenschaft Hochland e.G. <b>OT Gahma</b> 07368 Remptendorf	Agrargenossenschaft <b>Marbach</b> e.G. 09573 Leubsdorf/Sa.
Erhebungsfläche Bezeichnung	Cämmerswalde Am Silo, 92-05	Rauschengesees Koppel Nr. 20	Schellenberg 164-64
GPS Koordinaten (WGS-84)	50°42'40" N, 13°30'58" O	50°31'26" N, 11°31'55" O	50°47'48" N, 13°06'55" O
Naturraum, Bodenart	Osterzgebirge, sandiger Lehm	Thüringer Schiefer- geb., sandiger Lehm	Mittelerzgebirge, schluffiger Lehm
Höhenlage	653 m ü. NN	592 m ü. NN	425 m ü. NN
Niederschlag*a <sup>-1</sup> JMT langj. MW	900-1000 mm 5,8 °C	~ 750 mm 6,3 °C	~ 800 mm 7 °C
Letzte Nachsaat	03/2006, 20 kg*ha <sup>-1</sup> Dt. Weidelgras	04/2008, 20 kg*ha <sup>-1</sup> Dt. Weidelgras (10% Weißklee)	03/ 2007, 5 kg*ha <sup>-1</sup> Dt. Weidelgras
P, K, Mg [mg* 100 g <sup>-1</sup> Boden] (V-Stufe) pH-Wert	P 8,8 (D), K 18 (D), Mg 20 (E) 5,3 (B)	P 7,9 (D), K 27 (E), Mg 19 (E) 5,3 (B)	P 6,6 (C), K 11(C), Mg 13,5 (D) 5,0 (B)
Σ N-Düngung	2008:~ 150 kg*ha <sup>-1</sup> 2009: ~260 kg*ha <sup>-1</sup>	2008: ~120 kg*ha <sup>-1</sup> 2009: ~140 kg*ha <sup>-1</sup>	2008: ~155 kg*ha <sup>-1</sup> 2009: ~260 kg*ha <sup>-1</sup>

In Sachsen erfolgten die Erhebungen in Clausnitz im Erzgebirge und in Marbach in der Nähe von Chemnitz. Die Fläche in Clausnitz befand sich unweit der Grenze zur Tschechischen Republik im Bereich des Erzgebirgskammes auf einer Höhe von 653 m ü. NN. Diese kontinental beeinflusste Region ist durch Verwitterungsböden mit geringer Mächtigkeit, höheren Niederschlagsmengen von bis zu 1000 mm pro Jahr sowie einer Jahresdurchschnittstemperatur im langjährigen Mittel von 5,8 °C und damit durch ungünstige Wachstumsbedingungen gekennzeichnet (Tab. 3-1). Der Betrieb Marbach liegt in Bezug auf den Boden-Klima-Raum im Bereich der günstigen Übergangslagen (GRAF et al., 2009) und ist damit gegenüber Clausnitz deutlich begünstigt. Die Erhebungen erfolgten auf einer Fläche, die 1993 von Ackerland in Dauergrünland umgewandelt wurde. Die Fläche in Gahma gehört ebenso wie der Standort in Clausnitz zu den Mittelgebirgslagen Ost und befindet sich auf dem Plateau des Thüringer Schiefergebirges in einer Höhe von 592 m ü. NN. Dieses Gebiet liegt in der südöstlichen Verlängerung des Gebirgsstockes des Thüringer Waldes, so dass bei den meist vorherrschenden Nord-West-Wetterlagen ausbleibende Niederschläge ertragsbegrenzend bzw. bestandsverändernd wirken können.

### **3.1.2 Probenahme**

Für die Felderhebungen wurden Flächen mit Deutschem Weidelgras als Hauptbestandbildner und etabliertem Ampferbestand bei variierenden Befallsstärken ausgewählt. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf eine weitgehend homogene Grasnarbe gelegt. Diese Teilstücke wurden im Gelände dauerhaft markiert und in beiden Jahren genutzt. Die Bonitur des Bestandes erfolgte unter Zuhilfenahme eines Quadratrahmens mit einer Kantenlänge von einem Meter. Pro Standort und Termin wurden die Daten von jeweils 30 einzelnen Quadratmetern erhoben. Bei der Auswahl der Quadrate sollten Ampfer-Befallsgrade zwischen  $> 0$  und  $< 40$  % Deckungsgrad berücksichtigt werden, wobei Teilstücke mit einem Deckungsgrad von bis zu 10 % häufiger einbezogen wurden. Um trotz der subjektiv beeinflussten Auswahl der Erhebungspunkte die Bestandssituation adäquat abbilden zu können, wurde der Probenahmerahmen möglichst durch einfaches Umschlagen von einem Quadrat zum nächsten über das Feld bewegt. Jedes Erhebungs-

quadrat wurde mit einer fortlaufenden Nummer versehen und digital fotografiert, anschließend wurden folgende Parameter erfasst:

- Anzahl Ampfer-Pflanzen  $\text{m}^{-1}$  und Deckungsgrad, (geschätzt in Prozent)
- Art und Deckungsgrad von anderen zweikeimblättrigen Pflanzen
- Entwicklungsstadium von Ampfer und Deutschem Weidelgras
- FM-Ertrag Ampfer in  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$
- FM-Ertrag Gras (inklusive anderer Pflanzen) in  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$

Die beschriebenen Erhebungen wurden zu jedem Aufwuchs erneut durchgeführt. Um für das ökonomische Modell praxisrelevante Daten gewinnen zu können, wurden die Beprobungen so zeitnah wie möglich an die vom Landwirtschaftsbetrieb durchgeführte Flächenbeerntung gelegt. Der Termin des ersten Schnittes wurde in allen Betrieben nach der Schnittzeitpunktprognose auf Basis der Rohfasergehalte (STEINHÖFEL & KRIEG, 1998) festgelegt. Die weiteren Nutzungstermine richteten sich nach dem Vegetationsverlauf, arbeitswirtschaftlichen Aspekten und der Wettervorhersage. An den Standorten wurden pro Jahr jeweils vier Aufwüchse beprobt. Die Termine der Erhebungen sowie die Nutzungsintervalle zwischen den Aufwüchsen sind in Tabelle 3-2 dargestellt. Dem Vegetationsverlauf entsprechend wurde in Marbach am 09. Mai 2008 bzw. am 13. Mai 2009 mit den Erhebungen der Felddaten begonnen. Die weiteren Nutzungen erfolgten 2008 im Mittel nach 44 Tagen bzw. nach 42 Tagen im Jahr 2009 und ausschließlich zur Silagebereitung. Der längste Zeitraum zwischen zwei Nutzungen wurde nach dem zweiten Aufwuchs des Jahres 2009 mit 57 Tagen ebenfalls in Marbach registriert, dies führte zu einem hohen Anteil Ampferpflanzen im Stadium der Samenreife und sehr weitentwickelten Gräsern. In Gahma erfolgen die ersten Erhebungen am 16. bzw. 19. Mai des jeweiligen Jahres. Im Jahr 2008 wurden der erste und zweite, im Jahr 2009 nur der erste Aufwuchs zur Futterkonservierung durch den Landwirtschaftsbetrieb geschnitten. Im Anschluss daran erfolgte die Nutzung in Form von stundenweise begrenzter Portionsweide mit Milchkühen. In diesen Fällen wurde die Beprobungsfläche zuerst mit Weidezaun abgetrennt, als letztes Teilstück freigegeben und anschließend zeitnah nachgemäht. Durch die Weidenutzung wurde in Gahma mit 34 Tagen im Mittel beider Jahre das kürzeste Nutzungsintervall aller Standorte realisiert. In Clausnitz erfolgte die Beprobung

des ersten Aufwuchses am 23. Mai 2008 bzw. am 20. Mai 2009. Das mittlere Nutzungsintervall zu den folgenden Aufwüchsen lag 2008 bei 35 Tagen und 2009 bei 38 Tagen. Die ersten drei Aufwüchse beider Jahre wurden hier maschinell geerntet, der letzte Aufwuchs anschließend durch Jungrinder genutzt.

**Tab. 3-2:** Beprobungstermine und Entwicklungsstadien von Gras und Ampfer auf den Felderhebungsflächen, 2008 und 2009

Standort, Jahr, Aufwuchs	Datum	Nutzungs- intervall	Stadium [BBCH]		
			NNFW	RUMOB	
Clausnitz					
2008	1. AW	23. Mai	-	30-32	33-35
	2. AW	23. Juni	31 d	30-33	35-55
	3. AW	24. Juli	31 d	30-33	31-65
	4. AW	05. Sep.	43 d	32-33	33-65
2009	1. AW	20. Mai	-	32-37	31-37
	2. AW	29. Juni	40 d	32-33	33-59
	3. AW	05. Aug.	37 d	31-33	33-65
	4. AW	11. Sep.	37 d	30-32	33-65
Gahma					
2008	1. AW	16. Mai	-	31-33	33-37
	2. AW	20. Juni	35 d	32-37	61-71
	3. AW	28. Juli	38 d	32-33	51-65
	4. AW	02. Sep.	36 d	33-41	35-81
2009	1. AW	19. Mai	-	31-32	35-39
	2. AW	20. Juni	32 d	32-37	33-61
	3. AW	20. Juli	30 d	31-33	33-65
	4. AW	24. Aug.	35 d	31-32	33-75
Marbach					
2008	1. AW	09. Mai	-	32-37	33-51
	2. AW	19. Juni	41 d	33-39	59-71
	3. AW	04. Aug.	46 d	32-37	33-65
	4. AW	17. Sep.	44 d	32-37	33-71
2009	1. AW	13. Mai	-	31-33	33-35
	2. AW	22. Juni	40 d	33-37	59-71
	3. AW	18. Aug.	57 d	37-51	71-85
	4. AW	17. Sep.	30 d	31-32	33-61

Von jedem Teilstück wurden unmittelbar nach der getrennt durchgeführten Beerntung ca. 100 g Frischmasse von Ampfer bzw. Gras entnommen und zwischenzeitlich luftdicht in Folienbeuteln gelagert. Noch auf dem Feld wurden jeweils 5 dieser aufeinander folgenden Einzelproben zu einer Mischprobe mit ca. 500 g Frischmasse vereint, wiederum in Folienbeutel luftdicht verpackt und in Kühlbehältern gelagert. Da die Beerntung und Probenahme jeweils rund 6-7 Stunden dauerte, sollten mit diesem Vorgehen äußere Einflüsse bei der Bestimmung des TS-Gehaltes durch Abtrocknung des Taus oder einsetzende Niederschläge weitgehend eliminiert werden. Pro Standort und Erhebungstermin wurden jeweils 6 Mischproben von Ampfer bzw. Gras zusammengestellt und bis zu den Laboruntersuchungen aus logistischen Gründen bei minus 18 °C gelagert.

Bei der Ermittlung der Erträge und der Zusammenstellung der Mischproben für die laboranalytischen Untersuchungen wurde nur zwischen den beiden Fraktionen Ampfer und der Biomasse der anderen Pflanzenarten unterschieden. Diese setzte sich im Wesentlichen aus Gräsern und dabei schwerpunktmäßig aus Deutschem Weidelgras zusammen. An anderen Pflanzenarten traten *Taraxacum officinale* an allen Standorten sowie *Ranunculus repens* und *Alchemilla xanthochlora* in Clausnitz sowie *Plantago major* in Marbach relativ konstant in Erscheinung (Tab. 3-3). Die genannten Pflanzenarten erreichten im Mittel nur in seltenen Fällen mehr als 1 % Anteil am Deckungsgrad. Gegenüber Ampfer spielten diese Arten nur eine untergeordnete Rolle und werden daher nicht näher betrachtet. *Trifolium repens* trat in Clausnitz und Marbach nur aus autochthonen Quellen mit sehr geringen Anteilen in Erscheinung. In Gahma enthielt die im April des Jahres 2008 ausgebrachte Nachsaatmischung einen Mengenanteil von 10 % Weißklee. In allen Aufwüchsen des Jahres 2008 war Klee mit Deckungsgraden von bis zu 5,2 % vertreten. Im Folgejahr war eine kontinuierliche Ausdehnung des Befalls zu beobachten. Bereits im zweiten Aufwuchs betrug der Deckungsgrad mehr als 10 %. Im weiteren Verlauf stieg dieser auf knapp 16 % im dritten Aufwuchs an und wurde mit 70 % im letzten Aufwuchs zum Hauptbestandsbildner.

**Tab. 3-3:** Vorkommen weiterer zweikeimblättrigen Pflanzenarten (ohne Ampfer) auf den Erhebungsflächen; mittlere Deckungsgrade [%], 2008 und 2009

Standort, Jahr Aufwuchs		TTTDD DG-Gesamt [%] (ohne RUMOB)	darunter - DG[%]						
			TRFRE	TAROF	PLAMA	RANRE	ALCVU	STEME	ANRSY
Clausnitz									
2008	1. AW	1,1	0,1	0,3	-	0,1	0,3	0,2	0,1
	2. AW	1,1	-	1,0	-	-	0,1	-	-
	3. AW	1,4	0,1	0,4	-	0,5	0,3	-	0,1
	4. AW	1,9	-	0,7	0,1	0,3	0,8	-	-
2009	1. AW	2,4	0,1	1,1	-	0,9	0,3	-	-
	2. AW	1,6	0,2	0,4	-	0,6	0,3	-	0,1
	3. AW	2,4	0,2	0,7	0,2	0,7	0,3	-	0,3
	4. AW	3,8	0,2	2,4	-	0,7	0,3	-	0,2
Gahma									
2008	1. AW	2,2	1,8	0,1	-	-	-	0,3	-
	2. AW	5,2	5,1	-	-	-	-	0,1	-
	3. AW	3,2	2,6	0,6	-	-	-	-	-
	4. AW	3,4	3,2	0,2	-	-	-	-	-
2009	1. AW	3,3	2,2	0,4	0,5	-	-	0,2	-
	2. AW	10,6	10,6	-	-	-	-	-	-
	3. AW	15,6	15,2	0,2	0,2	-	-	-	-
	4. AW	70,5	70,5	-	-	-	-	-	-
Marbach									
2008	1. AW	1,1	0,3	0,1	0,6	-	-	0,1	-
	2. AW	1,0	-	0,5	0,5	-	-	-	-
	3. AW	3,1	0,2	0,4	2,5	-	-	-	-
	4. AW	1,1	0,1	0,8	0,2	-	-	-	-
2009	1. AW	1,2	0,1	0,5	0,6	-	-	-	-
	2. AW	1,9	0,2	0,7	1,0	-	-	-	-
	3. AW	2,8	0,1	1,9	0,8	-	-	-	-
	4. AW	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-

### 3.1.3 Methodenentwicklung zur digitalisierten Deckungsgrad-Messung

Im Rahmen der Felderhebungen wurde von jedem Erhebungsquadrat ein Foto mit einer Digitalkamera zur nachträglichen Messung der von oben sichtbar mit Ampfer bedeckten Fläche aufgenommen. Aus Vereinfachungsgründen wurden die Bilder ohne technische Hilfsmittel zur genauen Ausrichtung der Kamera angefertigt. Dabei kam es zu perspektivischen Verzerrungen, die entsprechend korrigiert werden mussten.



Die Bildbearbeitung erfolgte mit den Programmen Adobe Photoshop Elements Version 4.0 und Microsoft Photodraw Version 2.0. Im ersten Schritt wurde dazu die Fläche innerhalb des Holzrahmens eckengenau markiert, kopiert und auf eine quadratische Vorlage mit definierter Größe übertragen und anschließend die Eckpunkte des noch immer verzerrten Bildes mit den Eckpunkten der Vorlage in Übereinstimmung gebracht, die Kanten somit parallelisiert und die perspektivische Verzerrung aufgehoben (Abb. 3-1). Mehrere Versuche mit verschiedenen, in den genannten Programmen enthaltenen Bildbearbeitungswerkzeugen zur automatischen Erkennung der Umrisse der Ampferpflanzen führten nicht zum gewünschten Erfolg. Störend wirkten sich sowohl partielle Überdeckungen zwischen Gras und Ampfer, als auch der in Abhängigkeit von den Aufnahmebedingungen mehr oder weniger starke Schattenwurf insbesondere bei höheren Pflanzenbeständen aus. Die besten Ergebnisse wurden letztendlich mit dem Programm Photodraw erzielt. Dabei wurden in aufwändiger Weise unter starker Vergrößerung die Umrisse der Pflanzen nachgezeichnet und die Flächen anschließend monochrom rot eingefärbt. In Adobe Photoshop wiederum wurden dann die nicht eingefärbten Flächen fehlerfrei erkannt und in weiße Flächen umgewandelt. Nach Konvertierung der roten in schwarze Flächen konnte unter Zuhilfenahme der Histogrammfunktion die Anzahl schwarzer Pixel exakt bestimmt werden. Da die Gesamtpixelzahl der quadratischen Vorlage bekannt war, konnte auf diese Art mit hoher Genauigkeit der Ampfer-Deckungsgrad in Prozent berechnet werden. Im Folgenden bezieht sich der Begriff ‚Deckungsgrad‘ immer auf den wie beschrieben fototechnisch gewonnenen Deckungsgrad des Ampfers bzw. daraus resultierend, den des Grases.



**Abb. 3-1:** Bildbearbeitungsschritte zur fototechnischen Bestimmung des Ampfer-Deckungsgrades

### 3.1.4 Standortcharakterisierung anhand von Ertragsniveau und Ampfer-DG

Zur Beschreibung des Ertragsniveaus der Standorte wurden im Vorgriff auf die Ergebnisdarstellung unter Punkt 4.1.2 die TM-Erträge der Beprobungsquadrate gemittelt und auf den theoretischen Hektarertrag hochgerechnet. Der niedrigste TM-Ertrag wurde in beiden Jahren mit  $70,7 \text{ dt*ha}^{-1}$  bzw.  $85,8 \text{ dt*ha}^{-1}$  in Clausnitz geerntet. Die TM-Erträge in Gahma unterschieden sich zwischen den Erhebungsjahren nur geringfügig und lagen bei  $92,1$  bzw.  $93,2 \text{ dt*ha}^{-1}$ . Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen wurde in Marbach der erste Aufwuchs des Jahres 2008 sehr zeitig beerntet und erreichte damit nicht den üblicherweise höchsten Anteil am TM-Gesamtertrag des Jahres. Im zweiten Aufwuchs konnte ein Teil der fehlenden Menge ausgeglichen werden, dennoch blieb der erzielte Jahresertrag mit  $90,4 \text{ dt*ha}^{-1}$  hinter den Erwartungen zurück. Im Jahr 2009 wurden mit geänderter Strategie sowohl der höchste Einzelertrag eines ersten Aufwuchses, als auch mit  $109,2 \text{ dt*ha}^{-1}$  das höchste Gesamtertragsniveau aller Standorte und Jahre realisiert. Die beschriebenen TM-Erträge der Standorte verstehen sich inklusive des jeweilig vorhandenen Ampferbefalls. Die Erhebungsflächen spiegelten insgesamt eine große Bandbreite zwischen niedrigem und hohem Ertragsniveau ( $71 - 109 \text{ dt TM*ha}^{-1}$ ) wider.

Ebenfalls im Vorgriff auf die Darstellung der Ergebnisse, jedoch für die Charakterisierung der Standorte notwendig, wurden die Ampfer-Deckungsgrade aller jeweils 30 Erhebungsquadrate pro Aufwuchs, Jahr und Standort gemittelt dargestellt (Tab. 3-4). Der mittlere Ampfer-Deckungsgrad der Erhebungsflächen schwankte zwischen  $11,3 \%$  in Marbach 2009 und  $16,0 \%$  in Gahma 2008. An allen Standorten lag somit ein sowohl für die Erhebungen ausreichender, als auch zwischen den Standorten ähnlicher Befall mit Ampfer vor. Da die Felderhebungen an drei Standorten, über den Zeitraum von zwei Jahren und zu jeweils vier Aufwüchsen mit je 30 Beprobungsquadraten durchgeführt wurden, liegen insgesamt 720 Datensätze mit Deckungsgrad und Ertragsergebnissen vor.

**Tab. 3-4:** Beprobungstermine, Ertragsniveau und Ampfer-DG der Erhebungsflächen, 2008 und 2009

Standort, Jahr Aufwuchs		Datum	TM-Ertrag [dt*ha <sup>-1</sup> ]	RUMOB-DG [%]
Clausnitz				
2008	1. AW	23. Mai	25,2	12,5
	2. AW	23. Juni	14,5	14,4
	3. AW	24. Juli	14,5	13,6
	4. AW	05. Sep.	16,5	14,2
			Σ 70,7	MW 13,7
2009	1. AW	20. Mai	32,0	12,9
	2. AW	29. Juni	16,0	15,8
	3. AW	05. Aug.	17,5	14,4
	4. AW	11. Sep.	20,3	14,0
			Σ 85,8	MW 14,3
Gahma				
2008	1. AW	16. Mai	35,7	15,9
	2. AW	20. Juni	23,8	14,0
	3. AW	28. Juli	13,5	16,5
	4. AW	02. Sep.	19,1	17,4
			Σ 92,1	MW 16,0
2009	1. AW	19. Mai	35,6	17,8
	2. AW	20. Juni	27,7	16,1
	3. AW	20. Juli	22,3	16,9
	4. AW	24. Aug.	7,6	11,5
			Σ 93,2	MW 15,6
Marbach				
2008	1. AW	09. Mai	22,8	11,0
	2. AW	19. Juni	31,0	14,0
	3. AW	04. Aug.	21,6	12,9
	4. AW	17. Sep.	15,0	14,0
			Σ 90,4	MW 13,0
2009	1. AW	13. Mai	39,2	9,9
	2. AW	22. Juni	27,8	13,0
	3. AW	18. Aug.	29,7	10,6
	4. AW	17. Sep.	12,5	11,5
			Σ 109,2	MW 11,3

### 3.2 Durchführung der Silierversuche

Die Versuche zur Bestimmung der Silagequalität von Modellsilagen aus Weidelgras und unterschiedlichen Mengenanteilen von Stumpfbblätterigem Ampfer wurden in den Jahren 2007, 2008 und 2010 durchgeführt. In den beiden ersten Jahren wurde Deutsches Weidelgras der Sorte ‚Aberavon‘ aus Landessortenversuchen in Sachsen, Thüringen und Bayern verwendet. Diese Sorte hat gegenüber Vergleichssorten einen höheren Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten, der bei besserer Verdaulichkeit zu steigenden Energiedichten und letztlich zu höheren Erträgen in der Milchviehhaltung führt und sich auch positiv auf die Silierbarkeit auswirken soll (ECKHARDT, 2007). Im Versuchsjahr 2010 stand die genannte Sorte nicht mehr zur Verfügung, so dass die tetraploide Sorte ‚Thalassa‘ ausgewählt wurde. Beide Sorten gehören bezüglich des Abreifeverhaltens zum späten Sortiment, so dass die Schnittzeitpunkte des ersten Aufwuchses in die letzte Mai- bzw. erste Junidekade fielen. Die Versuche des Jahres 2010 wurden auf die Standorte Sachsen und Thüringen beschränkt.

Der für die Modellsilagen erforderliche Ampfer sollte von jeweils möglichst vergleichbaren Standorten entnommen werden. Innerhalb der mit hoher Intensität geführten Standorte der Landessortenversuche werden Ampfer und andere Unkräuter im Regelfall durch die flächendeckende Anwendung von Herbiziden frühzeitig bekämpft und treten daher dort nicht auf. Aber auch auf den Restflächen der Landessortenversuche oder auf angrenzenden Flächen mit ähnlicher Bewirtschaftungsweise wurde kein Ampfer in ausreichender Menge gefunden, so dass unterschiedliche Herkünfte von Weidelgras und Ampfer verwendet werden mussten.

Die mit weniger als 100 m geringste Distanz zwischen den Wuchsorten von Gras und Ampfer wurde in den sächsischen Versuchen erreicht, so dass in diesem Fall zumindest die klimatischen Wachstumsfaktoren identisch waren. In den drei Versuchsjahren konnte Ampfer dabei von einer unmittelbar benachbarten Fläche gewonnen werden, die sich jedoch aufgrund der extensiven Bewirtschaftungsweise durch deutlich geringere Nährstoffgehalte auszeichnete (Tab. 3-5).

**Tab. 3-5:** Herkünfte der Weidelgras- und Ampferproben zur Herstellung der Modellsilagen

<b>Sachsen (2007 / 2008 / 2010)</b>	<b>LOLPE</b>	<b>RUMOB</b>
<b>Probenherkunft</b>	LfULG-Prüffeld Forchheim, 09509 Pockau, LSV, 1. AW	Agrargen. Forchheim, 09509 Pockau, Extensivgrünland, 1. AW
<b>GPS Koordinaten</b>	50°42'18" N, 13°16'09" O	50°42'18" N, 13°16'04" O (Entfernung < 100 m)
<b>Naturraum, Bodenart</b>	Mittelerzgebirge, sandiger Lehm	
<b>Höhenlage</b>	553 m ü. NN	551 m ü. NN ( $\Delta$ 2 m)
<b>Niederschlag*a<sup>-1</sup> JMT (langj. MW)</b>	~ 890 mm 7,9°C	~ 890 mm 7,9°C
<b>P, K, Mg [mg*100 g<sup>-1</sup>] (V-Stufe) pH-Wert</b>	P 4,7 (C), K 14 (C), Mg 22 (E) 5,9 (B)	P 2,8 (B), K 8 (B), Mg 11 (C) 4,8 (A)
<b><math>\Sigma</math> N-Düngung*a<sup>-1</sup></b>	~ 200 kg*ha <sup>-1</sup> (mineralisch) keine organische Düngung	keine Düngung
<b>Thüringen (2007 / 2008 / 2010)</b>		
<b>Probenherkunft</b>	TLL-Versuchsstation, 98744 Oberweißbach, LSV, 1. AW	Fleischrind GmbH, 98744 Cursdorf, Extensivgrünland, 1.AW
<b>GPS Koordinaten</b>	50°35'19" N, 11°08'18" O	50°33'58" N, 11°08'07" O (Entfernung 2500 m)
<b>Naturraum, Bodenart</b>	Thüringer Schiefergebirge, sandiger Lehm	
<b>Höhenlage</b>	676 m ü. NN	752 m ü. NN ( $\Delta$ 76 m)
<b>Niederschlag*a<sup>-1</sup> JMT (langj. MW)</b>	~ 840 mm 5,9 °C	~ 900 mm 5,9 °C
<b>P, K, Mg [mg*100 g<sup>-1</sup>] (V-Stufe) pH-Wert</b>	P 9,8 (D), K 28 (E), Mg n.b. 6,0 (C)	P 19 (E), K 40 (E), Mg 28 (E); 5,5 (B)
<b><math>\Sigma</math> N-Düngung*a<sup>-1</sup></b>	~ 200 kg*ha <sup>-1</sup> (mineralisch) keine organische Düngung	~60 kg*ha <sup>-1</sup> (mineralisch) + organische Düngung
<b>Bayern (2007 / 2008)</b>		
<b>Probenherkunft</b>	LfL Bayern-Versuchsstation, 85614 Osterseeon, LSV 1. AW	2007: Material aus Thüringen 2008: 85560 Ebersberg, GWG Intensivgrünland, 2. AW
<b>GPS Koordinaten</b>	48°03'53" N, 11°55'38" O	48°05'59" N, 11°57'51" O (Entfernung 2008: 4800 m)
<b>Naturraum, Bodenart</b>	Alpenvorland, sandiger Lehm	
<b>Höhenlage</b>	572 m ü. NN	579 m ü. NN ( $\Delta$ 7 m)
<b>Niederschlag*a<sup>-1</sup> JMT (langj. MW)</b>	~1150 mm 8,2 °C	~1150 mm 8,1°C
<b>P, K, Mg [mg*100 g<sup>-1</sup>] (V-Stufe) pH-Wert</b>	P 11 (D), K 15 (C), Mg n.b., 6,7 (E)	P 7,5 (C), K 17 (C), Mg 25 (E) 6,5 (B)
<b><math>\Sigma</math> N-Düngung*a<sup>-1</sup></b>	~ 300 kg*ha <sup>-1</sup> (mineralisch) keine organische Düngung	~ 250 kg*ha <sup>-1</sup> (mineralisch) keine organische Düngung

In den Thüringer Versuchen wurde der Ampfer einer ebenfalls extensiv bewirtschafteten Dauergrünlandfläche entnommen. Die Entfernung zum Standort des Grases betrug rund 2500 m, die Höhenlage über Normal Null differierte um 76 m. Für den Versuch BY-2007 stand kein Ampfer mit adäquater Herkunft zur Verfügung, so dass auf das in Thüringen verwendete Material zurückgegriffen werden musste. Die Ergebnisse der Untersuchung des Welkgutes bzw. der Silage der reinen Ampferproben der Versuche TH-2007 und BY-2007 beziehen sich somit auf das gleiche Ausgangsmaterial. Für den Versuch BY-2008 wurde Ampfer in einer intensiv geführten Mähweide in einer direkten Entfernung von rund 4800 m vom Herkunftsort des Grases gefunden. Bei diesem Material handelte es sich allerdings um Pflanzen des zweiten Aufwuchses, da bedingt durch den späten Termin der Beerntung des Landessortenversuches in Osterseeon nahezu alle umliegenden Grünlandflächen bereits gemäht waren.

An den beschriebenen Standorten wurden jeweils rund 24 kg Frischmasse Weidelgras und 12 kg Frischmasse Ampfer entnommen, luftdicht verpackt und auf schnellstem Weg zur Versuchsstation der TLL in Oberweißbach transportiert. Anschließend wurden in dreifacher Wiederholung die jeweiligen Mischungsanteile auf 1500 g Frischmasse je nachfolgend aufgeführter Variante eingewogen und zum Anwelken locker ausgebreitet.

- LOLPE - 100 % Deutsches Weidelgras (Variante 1)
- 05 / 95 - 5 % St. Ampfer und 95 % Deutsches Weidelgras (Variante 2)
- 10 / 90 - 10 % St. Ampfer und 90 % Deutsches Weidelgras (Variante 3)
- 20 / 80 - 20 % St. Ampfer und 80 % Deutsches Weidelgras (Variante 4)
- 40 / 60 - 40 % St. Ampfer und 60 % Deutsches Weidelgras (Variante 5)
- RUMOB - 100 % Stumpfbblättriger Ampfer (Variante 6)

Der Vorgang des Einsilierens dauerte pro Versuch jeweils 5 – 6 Stunden. Um die daraus resultierenden Unterschiede im Anwelkgrad auszugleichen, erfolgte die Befüllung der Laborsiliergefäße in Reihenfolge der Wiederholungen. Dazu wurde das angewelkte Material mit einem Probenhäcksler auf eine theoretische Häcksellänge von 10 mm geschnitten und unter Zugabe von BIO-SIL<sup>®</sup>, einem Silierhilfsmittel der Firma PIEPER auf Basis von homofermentativen Milchsäurebakterien (*Lactobacillus plantarum*) schichtweise und randvoll in Rundrandgläser der Firma WECK<sup>®</sup> eingefüllt. Das Fas-

sungsvermögen der Gläser betrug 1 Liter. Im Jahre 2007 erfolgte die Verdichtung mit einem Holzstößel von Hand. Ab dem Jahr 2008 kam eine Stopfvorrichtung vom Leibnitz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) zum Einsatz, diese führte im Ergebnis zu höheren und gleichmäßigeren Lagerungsdichten (Abb. 3-2). Zur Bestimmung der Einlagerungsmengen wurden die leeren Gläser inklusive des Deckels und des Verschlussmaterials sowie im befüllten und verschlossenen Zustand gewogen. Anhand der nicht für die Befüllung benötigten Restmengen des Probenmaterials erfolgte die Bestimmung der Trockensubstanzgehalte zum Zeitpunkt des Einsilierens. Die luftdicht verschlossenen Gläser wurden in der Versuchsstation Oberweißbach bei annähernd konstant 21 °C unter einer lichtundurchlässigen Plane gelagert. Die Silierdauer betrug einheitlich jeweils 90 Tage. Vor dem Transport der Gläser in das Futtermittellabor der TLL in Jena wurden die ungeöffneten Gläser nochmals gewogen. Nach dem Öffnen und Entleeren der Gläser wurde das Siliergut einer sensorischen Bewertung unterzogen. Keine der Modellsilagen zeigte offensichtliche Verderbserscheinungen, so dass alle Proben in die Auswertung einbezogen werden konnten.



**Abb. 3-2:** Stopfvorrichtung (vom ATB) zur Verdichtung des Probenmaterials bei Laborsilierungsversuchen

### 3.3 Laboranalytische Untersuchungen

Aus dem Projektteil zur Erhebung von Ertragsdaten von Ampfer im Wirtschaftsgrünland lagen für Gras und Ampfer jeweils 144 Frischmasseproben zur Bestimmung des TS-Gehaltes vor. Darüber hinaus wurden im Rahmen der Modellsilivversuche von den reinen Probenarten Ampfer und Gras jeweils 18 Frischmasseproben und 18 Proben mit angewelktem Material in die TS-Untersuchungen einbezogen. Die TS-Bestimmung aller genannten Proben wurde in der Versuchsstation Oberweißbach durchgeführt. Die erste Trocknungsstufe erfolgte bei 60 °C im Trockenschrank. Anschließend wurde das Material in einer Hammermühle mit einem Siebdurchgang von 1 mm gemahlen. Die Bestimmung des Restfeuchtegehaltes erfolgte bei 105 °C im Mytronofen. Die Berechnung des Trockensubstanzgehaltes aus zweistufiger Trocknung wurde nach folgender Formel vorgenommen:

$$TS [g*kg FM^{-1}] = TS(60\text{ °C}) * \frac{TS(105\text{ °C})}{100} \quad (3)$$

Das getrocknete Material der Einzelproben aus dem Projektteil zur Erhebung von Ertragsdaten wurde für jede Faktorstufe bestehend aus Probenart, Standort, Erhebungsjahr und Aufwuchs zu jeweils drei Mischproben vereint und gemeinsam mit dem getrockneten Ausgangsmaterial von Ampfer und Weidelgras aus den Modellsilivversuchen zu weiteren Analysen in das Labor der TLL in Jena transportiert. Dort erfolgte auch die Bestimmung des TS-Gehaltes der Modellsilagen wie oben beschrieben. Im Unterschied zu der in Oberweißbach angewendeten Methode erfolgte jedoch die Abkühlung nach der Trocknung bei 105 °C im Exikator, so dass eine Beeinträchtigung des Ergebnisses durch die nachträgliche Aufnahme von Luftfeuchtigkeit ausgeschlossen war. Die Korrektur der TS-Gehalte der Modellsilagen unter Berücksichtigung der bei der Trocknung flüchtigen Bestandteile wurde nach folgender vereinfachter Formel vorgenommen (WEIßBACH & KUHLA, 1995):

$$TS_k [\%] = 2,08 + 0,975 * TS_n [\%] \quad (4)$$

Die Lagerungsdichte der Modellsilagen zum Zeitpunkt der Aussilierung wurde aus dem Gewicht des noch gefüllten Laborsiliergefäßes nach Abzug des bei der Einsilierung ermittelten Taragewichtes und dem korrigierten TS-Gehalt der Silage bestimmt.



Der Gärverlust wurde nach folgender Formel berechnet (WEIBBACH, 1998a):

$$\text{Gärverlust [\%]} = 100 * \frac{\text{Massedifferenz [g]}}{\text{Trockenmasseeinwaage [g]}} + 2,5 \quad (5)$$

In den Silierversuchen des Jahres 2010 wurden die TS-Gehalte des Anwelkgutes aller Modellsilagevarianten ermittelt, so dass die jeweilige TM-Einwaage für die o.g. Formel berechnet werden konnte. In den vorangegangenen Versuchen erfolgte im Gegensatz dazu nur die Bestimmung der TS-Gehalte des Welkgutes der reinen Probenarten Ampfer und Weidelgras. Für die aus beiden Komponenten zusammengesetzten Mischungsvarianten mit 5 %, 10 %, 20 % und 40 % Ampfer-FM-Anteilen wurden die entsprechenden TS-Gehalte des Welkgutes daher hilfsweise mit folgender Formel berechnet:

$$TS = (TS_{LOLPE} * 100 - FM\text{-Anteil}_{RUMOB}) + TS_{RUMOB} * FM\text{-Anteil}_{RUMOB} / 100 \quad (6)$$

Im Labor der TLL in Jena wurden von insgesamt 324 Einzelproben im Rahmen der erweiterten Futtermittelanalyse (VAN SOEST, 1967) die Zellinhaltsstoffe und Zellwandbestandteile sowie die Enzymlöslichkeit der organischen Substanz und die Gehalte an Mineralstoffen und Spurenelementen analysiert. Zur Anwendung kamen dabei VDLUFA-Verfahren (ANONYM, 1999) bzw. validierte Hausmethoden der TLL. Die angewendeten Prüfverfahren und Normen sind in Tabelle 3-6 dargestellt. Die Rohnährstoffgehalte der Modellsilagen beziehen sich auf die um die flüchtigen Bestandteile korrigierte TM.

Zur energetischen Bewertung der Proben wurde der Energiehalt in Form der Netto-Energie-Laktation auf Basis der Bruttoenergie und der Umsetzbaren Energie nach folgenden Formeln berechnet (STEINHÖFEL et al., 2008):

$$NEL [MJ/kg TM^{-1}] = 0,6 * (1 + 0,004 * (ME/GE * 100 - 57)) * ME \quad (7)$$

Die Bruttoenergie wird dabei wie folgt berechnet:

$$GE = 0,0239 * XP + 0,0398 * XL + 0,0201 * XF + 0,0175 * NfE \quad (8)$$

Die Bestimmung der Umsetzbaren Energie wurde nach der Schätzgleichung von LOSAND et al. (2008) vorgenommen:

$$ME = 5,51 + 0,00828 * ELOS - 0,00511 * XA + 0,0251 * XL - 0,00392 * ADF_{org} \quad (9)$$

**Tab. 3-6:** Prüfverfahren zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Ampfer- bzw. Grasproben aus Felderhebungen und den Modellsilierversuchen

Parameter	Verfahren	Norm
<b>TS</b>	Trockenschrank	VDLUFA MB BD. III, 3.1
<b>XA</b>	Trockenveraschung im Muffelofen	VDLUFA MB BD. III, 8.1
<b>XP</b>	Kjeldahldestillation	VDLUFA MB BD. III, 4.1.1
<b>XF</b>	Fibertec	VDLUFA MB BD. III, 6.1
<b>ADF<sub>org</sub></b>	Fibertec	VDLUFA MB BD. III, 6.5.2
<b>Lignin</b>	Fibertec	VDLUFA MB BD. III, 6.5.3
<b>NDF</b>	Fibertec	VDLUFA MB BD. III, 6.5.1
<b>XL</b>	Petroletherextraktion nach HCL-Hydrolyse	VDLUFA MB BD. III, 5.1.1
<b>ELOS</b>	Cellulasemethode	VDLUFA MB BD. III, 6.6.1 Ergänzung 1999
<b>Ca, P, Na, Mg, K, Cu, Mn, Zn, Fe, S, Cl</b>	Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)	Hausmethode TLL SOP V1-260-01
<b>Ammoniak</b>	Mikrodiffusion und Titration mit Schwefelsäure	VDLUFA MB BD. III, 4.8.1
<b>pH</b>	Potentiometrie	VDLUFA MB BD. III, 18.1
<b>Zucker</b>	Luff-Schorl nach ethanolischer Extraktion	VDLUFA MB BD. III, 7.1.1
<b>Stärke</b>	Polarimetrie nach HCL-Aufschluss	VDLUFA MB BD. III, 7.2.1
<b>Essigsäure, Buttersäure, Ethanol</b>	Gaschromatographie im wässrigen Extrakt ohne Methylierung	Hausmethode TLL
<b>Milchsäure 2007</b>	Gaschromatografie mit Flammenionisationsdetektor nach Derivatisierung	Hausmethode BfUL, Leipzig
<b>Milchsäure 2008 u. 2010</b>	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie	VDLUFA MB BD. III, 18.2

Zur chemischen Bilanzierung der in Ampfer bzw. Gras enthaltenen Mengen der in der Rinderfütterung basisch bzw. sauer wirkenden Mineralstoffe wurde die Kationen-Anionen-Bilanz nach folgender Formel berechnet und die Ergebnisse in die Auswertungen einbezogen (ANONYM, 2010):

$$DCAB [mEq*kg TM^{-1}] = 43,5*Na [g] + 25,6*K [g] - 28,2*Cl [g] - 62,4*S [g] \quad (10)$$

Zusätzlich zu den o.g. Parametern wurden bei den Varianten der Modellsilierversuche die Anteile an wasserlöslichen Kohlenhydraten, der Ethanol- und Ammoniakgehalt sowie der pH-Wert und das Gärsäurespektrum bestimmt. Abweichend von allen anderen

Laboruntersuchungen erfolgte die Analyse des Milchsäuregehaltes für die Versuche des Jahres 2007 an der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft in Leipzig. Die Untersuchung der Proben der Versuchsjahre 2008 und 2010 wurde bei der Landwirtschaftlichen Kommunikations- und Servicegesellschaft mbH in Lichtenwalde vorgenommen. In beiden Fällen kamen zertifizierte Prüfverfahren zum Einsatz (Tab. 3-6).

Die Zucker- bzw. Stärkegehalte der Proben der Ausgangsmaterialien Weidelgras bzw. Ampfer und der Modellsilagen liegen nur für die Versuchsjahre 2008 und 2010 vor. Bei rund einem Viertel aller Werte lag der Zuckergehalt unter der Bestimmungsgrenze von 1,0 % der TM, die entsprechenden Proben wurden daher hilfsweise mit einem Wert von  $10 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in die Berechnungen einbezogen. Für Stärke liegt die entsprechende Quantifizierungsgrenze bei 3 % der Trockenmasse (HERZOG, 2011). Im Versuchsjahr 2008 lagen die Stärkegehalte nahezu aller reinen Ampferproben sowohl im Ausgangsmaterial als auch in der Silage teils deutlich über diesem Wert. Vereinzelt auftretende niedrigere Werte wurden hilfsweise mit einem Gehalt von  $30 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in die Berechnungen einbezogen. Im Versuchsjahr 2010 lagen die Stärkegehalte von Ampfer bis auf wenige Ausnahmen hingegen unter der Bestimmungsgrenze, auf eine Darstellung dieser Ergebnisse kann daher verzichtet werden.

Die Anteile des Ammoniakstickstoffgehaltes am Gesamtstickstoff wurden nach folgender Formel berechnet:

$$NH_3-N \text{ in } \% \text{ des Gesamt-N} = \frac{NH_3-N * 6,25}{XP} * 100 \quad (11)$$

Bei der Bestimmung der Gärsäuren wurde das gesamte Spektrum der regelmäßig auftretenden Säuren bestimmt. Der Begriff Essigsäure steht im weiteren Verlauf für die Summe aus Essig- und Propionsäure. Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze flossen mit dem Grenzwert in Höhe von 0,05 % der TM in die Mittelwertberechnungen ein. Die ausgewiesenen Werte des Gehaltes an Buttersäure enthalten neben Butter- und Isobuttersäure auch die höheren Homologe Valerian-, Isovalerian- und Capronsäure.

### 3.4 Statistische Analysen

Für die Verwaltung der Rohdaten und für einfache arithmetische Berechnungen wurde das Programm MS Office Excel 2007 genutzt. Die statistischen Auswertungen und der überwiegende Teil der grafischen Darstellungen erfolgten mit dem Programm JMP<sup>®</sup> Pro 9.0.1 der SAS Institute Inc. Dieses Programm stellt eine Windows-basierte Version des gängigen SAS-Statistikprogrammpaketes dar. Im Zuge der deskriptiven Statistik wurden Mittelwerte berechnet sowie Minimal- und Maximalwerte ausgewiesen. Die Beschreibung komplexer Zusammenhänge im Rahmen der Ergebnisdarstellung erfolgte mit Methoden der schließenden Statistik. Vor jeder Auswertung erfolgte eine visuelle Betrachtung der Daten. In wenigen Fällen wurden dabei einzelne Datensätze außerhalb eines Bereiches von  $\pm 3$  Standardabweichungen um den Mittelwert als sogenannte Ausreißer von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, darauf wird an entsprechender Stelle hingewiesen. Zur Bewertung der verschiedenen Einflussfaktoren innerhalb der Felderhebungen zum Deckungsgrad und Ertrag von Ampfer bzw. Gras sowie der Modellsilierversuche wurden ein- bzw. mehrfaktorielle lineare Varianzanalysen durchgeführt.

Bei balancierten Daten gelten dabei im Allgemeinen das Vorliegen von Normalverteilung und Varianzhomogenität als zwingende Voraussetzung (LEONHART, 2009). Mehrere Autoren beschreiben die in der Praxis gängige Methode der Normalverteilungsannahme. Dabei wird eine optische Bewertung von in Histogrammen dargestellten Daten vorgenommen (FOWLER et al., 1998; BORTZ, 1999; KÖHLER et al., 2002; ANONYM, 2011E). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Prüfung auf Normalverteilung nach SHAPIRO & WILK (1965), bzw. nach logarithmischer Datentransformation mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test durchgeführt. Die Prüfung der Varianzhomogenität erfolgte mit dem Test von LEVENE (1960). Im Fall der Nichterfüllung der Voraussetzungen wurden Neuberechnungen nach logarithmischer- bzw. probit-Datentransformation durchgeführt. Die Anwendung von arcsin- bzw. Quadratwurzeltransformationen führte hingegen in keinem Fall zu Verbesserungen. Wurde keine der beiden o.g. Voraussetzungen erfüllt, kamen nichtparametrische Verfahren zum Einsatz.

Wurden die Felderhebungen parametrisch ausgewertet, wurde das gemischte lineare Modell mit festen und zufälligen Effekten genutzt. Die Probenarten Ampfer bzw. Gras gingen dabei als feste Effekte in die Berechnung ein, insofern ist eine Verallgemeine-

rungsmöglichkeit der Ergebnisse auf z.B. andere Grünlandpflanzen ausgeschlossen. Die Verwendung zufälliger Effekte bietet hingegen die Möglichkeit zur Generalisierung von Aussagen (BORTZ, 1999; ALTENBURG, 2000; KÖHLER et al., 2002; LEONHART, 2009; ANONYM, 2011F). Die Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs wurden als zufällige Effekte betrachtet. Dementsprechend sind auch die Wechselwirkungen dieser Faktoren mit der Probenart als zufällig zu betrachten. In das Modell wurden nur die 2-faktoriellen Wechselwirkungen Probenart x Standort, Probenart x Jahr und Probenart x Aufwuchs aufgenommen.

In gemischten linearen Modellen erfolgte die Berechnung nach der REML-Prozedur (restricted maximum likelihood), da die üblicherweise benutzte GLM-Prozedur in JMP alle vom Nutzer angegebenen Faktoren nach ALTENBURG (2000) prinzipiell als feste Effekte bewertet. Die Schätzung der Varianzkomponenten mit der REML-Prozedur führte in einigen Fällen zu negativen Schätzungen, diese werden in JMP<sup>®</sup> Pro 9.0.1 mit negativen Varianzanteilen ausgewiesen. Eine negative Schätzung bedeutet inhaltlich, dass die entsprechende Varianzkomponente praktisch nicht relevant ist.

Der Mittelwertvergleich der Probenarten erfolgte mit dem t-Test. Der separate Vergleich der Einflussfaktoren Standort, Jahr und Aufwuchs jeweils untereinander, sowie der Kombinationen von Probenart mit den drei Faktoren erfolgte unter Nutzung der Tukey's HSD - Prozedur. In JMP<sup>®</sup> Pro 9.0.1 wird bei der Ergebnisdarstellung nicht zwischen den zwei Arten der Vergleiche unterschieden, sowohl die eigentlichen Mittelwerte als auch die Vorhersagen werden als Kleinste-Quadrat-Mittelwerte bezeichnet. Diese Bezeichnung wird bei der Ergebnisdarstellung in Tabellenform beibehalten, während im Fließtext vereinfachend vom Mittelwert gesprochen wird.

Bei Inhomogenität der Varianzen kamen nichtparametrische Verfahren zum Einsatz. Bei diesen Methoden wird nicht nach festen oder zufälligen Effekten unterschieden. Die Einflüsse der Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs auf die zu untersuchenden Parameter der Probenarten Ampfer bzw. Gras erfolgte mit dem Kruskal-Wallis-Test unter Nutzung der approximativ  $\chi^2$ -verteilten Teststatistik. Die Unterschiede zwischen den Stufen innerhalb der genannten Faktoren wurden mit dem Wilcoxon-Test berechnet. Dabei erfolgten unter Einhaltung der vergleichsbezogenen Irrtumswahrscheinlichkeit erster Art jeweils paarweise Vergleiche zwischen den angegebenen Kombinationsmöglichkeiten. Die Kennzeichnung von signifikanten Unterschieden mittels Buchstaben erfolgte in Anlehnung an die Methode von PIEPHO (2004).

Die nach beiden genannten Verfahren ermittelten signifikanten Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  mittels unterschiedlicher Buchstaben dargestellt. In anderen Fällen erfolgte eine Kennzeichnung mittels Symbolen. Dabei steht \* für signifikante Unterschiede ( $p \leq 0,05$ ), \*\* zeigt sehr signifikante Unterschiede ( $p \leq 0,01$ ), während hoch signifikante Unterschiede ( $p \leq 0,001$ ) durch \*\*\* gekennzeichnet sind.

Im Zuge der Ergebnisdarstellung und zur Modellierung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Parametern wurden des Weiteren Regressions- bzw. Korrelationsanalysen durchgeführt. Die Anpassungsgüte der Regression wird dabei durch das Bestimmtheitsmaß ( $r^2$ ) charakterisiert, während der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) die Stärke des entsprechenden Zusammenhangs widerspiegelt.

Zur Bewertung der Stärke der unterschiedlichen Abhängigkeit der Ampfer-Ertragsanteile vom Deckungsgrad innerhalb aller Datenerhebungen eines Standortes wurden die jeweiligen Regressionskoeffizienten untereinander verglichen. Die grafische Darstellungsweise der Konfidenzintervalle schien dabei besser geeignet zu sein, die pflanzenbauliche Relevanz aufzuzeigen, als ein Test auf signifikante Unterschiede zwischen den Steigungsfaktoren (DU PREL et al., 2009).

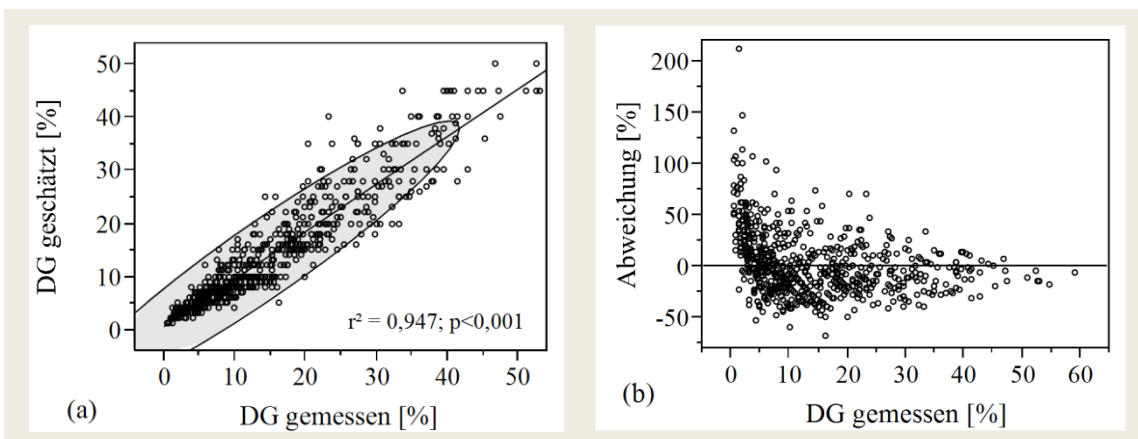
## 4 Ergebnisse

### 4.1 Felderhebungen zur Bestimmung der Schadwirkung

#### 4.1.1 Deckungsgrad, Ertragsanteile und Abundanz von Ampfer

##### Ampfer-Deckungsgraderhebung / Methodenvergleich

Im Interesse der Genauigkeit der Berechnungen der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen der Felderhebungen die Ampfer-Deckungsgrade der Erhebungsquadrate nicht nur visuell ganzzahlig geschätzt, sondern auch fototechnisch bestimmt bzw. gemessen. Sofern nicht anderweitig beschrieben, wird im Folgenden der Begriff Deckungsgrad als Synonym für den gemessenen DG verwendet.



**Abb. 4-1:** (a) Zusammenhang zwischen geschätztem und gemessenem Ampfer-Deckungsgrad mit 95 % Dichteellipse; (b) prozentuale Abweichung des geschätzten vom gemessenen Ampfer-Deckungsgrad; Einzelwerte aus Felderhebungen, n=719

Es liegen insgesamt 719 Wertepaare für die Bewertung der Korrelation zwischen dem geschätzten und dem gemessenen DG vor. Die gemessenen Deckungsgrade decken einen Bereich von 0,4 % bis 59,2 % ab, die geschätzten Werte liegen in einem Bereich von 1 % bis 55 %. Zwischen der vom Autor durchgeführten Schätzung und der Messung des Deckungsgrades bestand ein sehr starker und statistisch gesicherter Zusammenhang (Abb. 4-1(a)). Die Abbildung 4-1(b) zeigt die relativen Abweichungen der Schätzwerte von den Messwerten, die mit folgender Formel ermittelt wurden:

$$Abweichung [\%] = \frac{DG \text{ geschätzt} * 100}{DG \text{ gemessen}} - 100 \quad (12)$$

Die horizontale Linie repräsentiert die Übereinstimmung des Schätzwertes mit dem Messwert. Die größten prozentualen Schätzfehler traten im Bereich niedriger Ampfer-Deckungsgrade auf, während sich bei höherem Befall Schätz- und Messwerte stärker annäherten. Im Bereich niedriger Deckungsgrade gab es die Tendenz zur Überschätzung, während im Bereich stärkeren Befalls tendenziell eher Unterschätzungen zu verzeichnen waren. Es stellt sich die Frage, ob die Schätzung des Deckungsgrades gegenüber der Messung bei unterschiedlich starkem Ampferbefall ausreichende Genauigkeit besitzt, um in einem später aufzustellenden Modell zur ökonomischen Bewertung des Ampfers verwendet werden zu können.

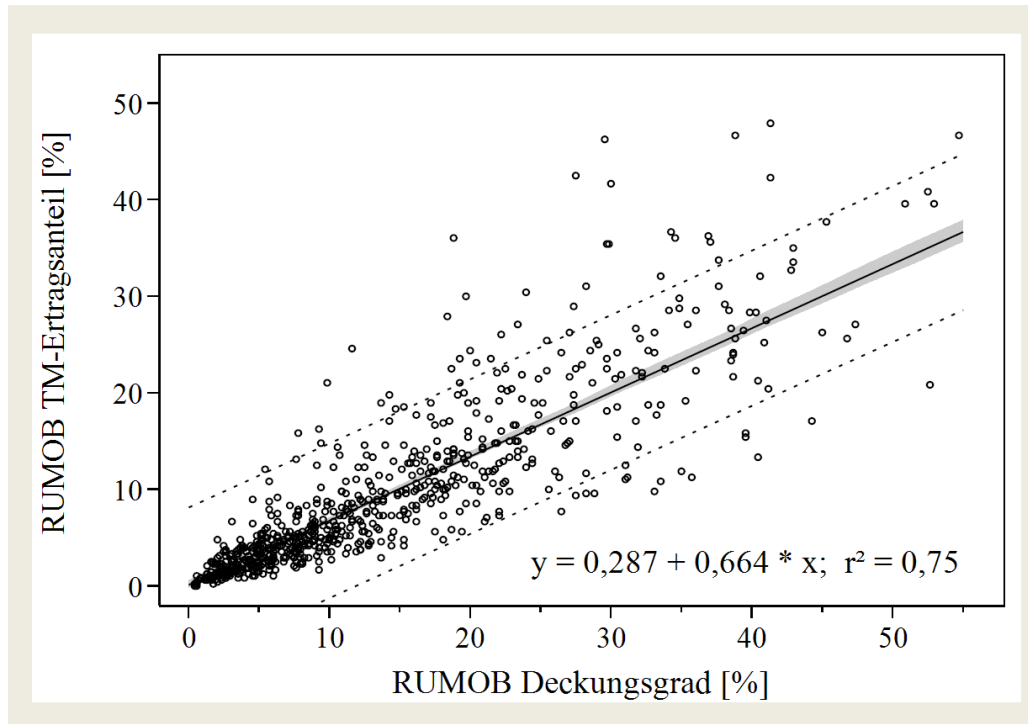
Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Einzelwerte der gemessenen Deckungsgrade in zahlenmäßig annähernd gleich große Gruppen eingeteilt und die daraus resultierenden Gruppenmittelwerte miteinander verglichen. Der Mittelwert aller Schätzwerte lag bei 13,3 % und mit einer Differenz von 0,9 % geringfügig unter dem der Messwerte (Tab. 4-1). Im DG-Bereich von  $0 < 5\%$  kam es mit einer absoluten Differenz von nur 0,6 % zu einer aus statistischer Sicht dennoch gesicherten Überschätzung des Befalls. Im Bereich von  $5 < 10\%$  DG entsprachen die Schätzwerte den gemessenen Werten, während es bei höheren Deckungsgraden häufiger zu einer Unterschätzung des Befalls kam. Die absolute Differenz der Schätz- von den Messwerten lag in der Gruppe  $10 < 20\%$  DG bei 1,3 % und in der Gruppe  $> 20\%$  bei 2,2 %.

**Tab. 4-1:** Vergleich des geschätzten und gemessenen Ampfer-DG aus Felderhebungen nach Gruppenbildung; Mittelwertvergleiche, 95% Konfidenzintervalle, absolute Differenz der Schätzung

<b>RUMOB-DG Stufe</b>	<b>Methode</b>	<b>n</b>	<b>MW [%]</b>	<b>(95 % KI)</b>	<b>Differenz [%]</b>	<b>p</b>
<b>0 &lt; 5%</b>	Schätzung	161	3,5	(3,3-3,7)	+ 0,6	***
	Messung		2,9	(2,8-3,1)		
<b>5 &lt; 10%</b>	Schätzung	178	7,3	(6,9-7,6)	0,0	n.s.
	Messung		7,3	(7,1-7,5)		
<b>10 &lt; 20%</b>	Schätzung	203	13,5	(12,8-14,1)	- 1,3	***
	Messung		14,8	(14,4-15,2)		
<b>&gt; 20%</b>	Schätzung	177	28,3	(27,0-29,7)	- 2,2	**
	Messung		30,5	(29,2-31,7)		
<b>Gesamt</b>	Schätzung	719	13,3	(12,6-14,1)	- 0,9	n.s.
	Messung		14,2	(13,3-15,0)		



## Ampfer - Deckungsgrad und Ertragsanteile



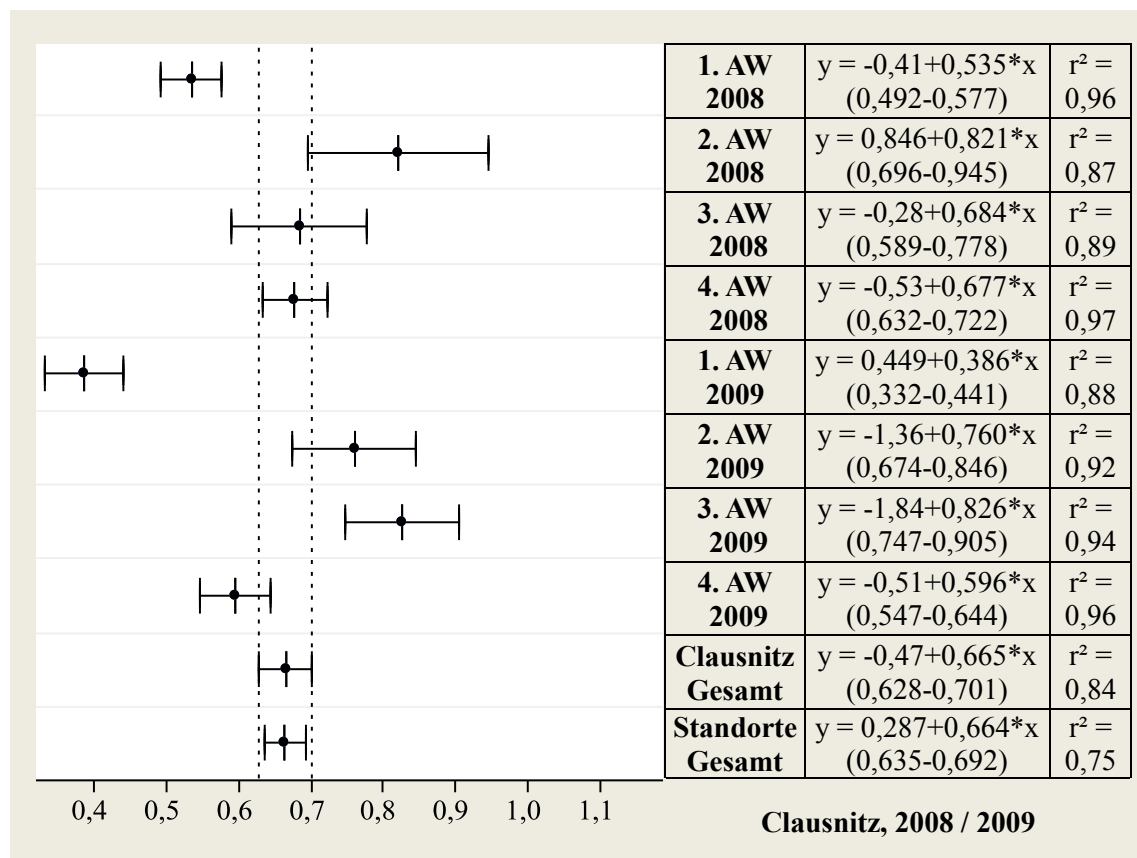
**Abb. 4-2:** Abhängigkeit der Ampfer-TM-Ertragsanteile vom Deckungsgrad; Regressionsgerade u. 95 % KI- bzw. Vorhersageintervall; Einzelwerte aus Felderhebungen, n = 706

Die Abhängigkeit der im Rahmen der Felderhebungen berechneten Ampfer-TM-Ertragsanteile in Prozent von den zugehörigen Deckungsgraden wurde regressionsanalytisch ermittelt. Im Vorfeld wurden insgesamt 13 Datensätze als Ausreißer identifiziert und ausgeschlossen. Diese umfassten vornehmlich Daten des dritten und vierten Aufwuchses aus Gahma und wiesen einen Ampfer-DG von durchschnittlich 43 % auf. Der zugehörige Ertragsanteil lag bei über 46 %, so dass Ampfer in diesen Fällen eine höhere Biomasseproduktion aufwies als der übrige Bestand. Mit einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,75$  ergab sich insgesamt eine hohe einseitige Abhängigkeit des TM-Ertragsanteils vom DG des Ampfers. Die Abbildung 4-2 zeigt die graphische Verteilung der Wertepaare sowie die ermittelte Regressionsgleichung. Über alle erhobenen Daten hinweg wurde für die lineare Anpassungslinie ein Steigungsfaktor von  $b = 0,664$  berechnet.

Die Möglichkeit vom Ampfer-DG auf die prozentualen Anteile am Gesamttrockenmasseertrag schließen zu können ist von zentraler Bedeutung für das zu entwickelnde Modell. Daher soll zunächst geprüft werden ob standort-, jahres- oder aufwuchsbedingte

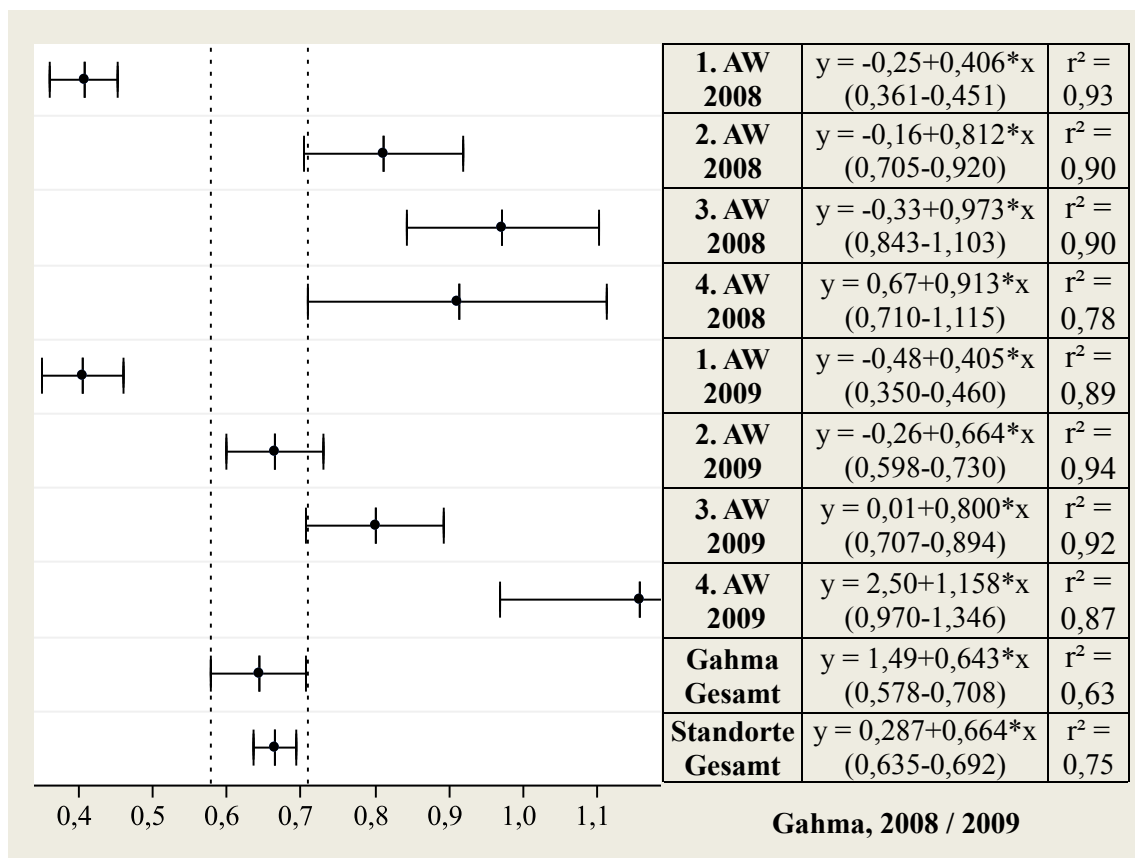
Einflüsse vorliegen. Dazu wurden für jede Kombination aus Standort, Erhebungsjahr und Aufwuchs separate Regressionen berechnet.

Für die Gesamtheit der Aufwüchse beider Jahre wurde in Clausnitz mit einem Regressionskoeffizienten von  $b = 0,665$  ein nahezu identischer Wert zur Funktion über die Erhebungen aller Standorte gefunden (Abb. 4-3). Die Anstiegsfaktoren der einzelnen Regressionen variierten zwischen  $b = 0,386$  und  $b = 0,826$ . Mit Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 = 0,87$  bis  $r^2 = 0,97$  wurden hohe bis sehr hohe Abhängigkeiten des Ertragsanteils vom DG des Ampfers ermittelt, für alle in Clausnitz erhobenen Daten ergab sich ein Wert von  $r^2 = 0,84$ . Mit einem besonders flachen Verlauf der Anpassungsgeraden unterschieden sich die beiden ersten Aufwüchse signifikant von der Gesamtfunktion, während die Funktionen der beiden zweiten Aufwüchse einen tendenziell steileren Verlauf als die für Clausnitz berechnete Gesamtfunktion aufwies. Der Regressionskoeffizient der Funktion für den dritten Aufwuchs 2009 unterschied sich ebenfalls gesichert, sowohl von dem der ersten Aufwüchse als auch von dem der Funktion über alle Standorte.



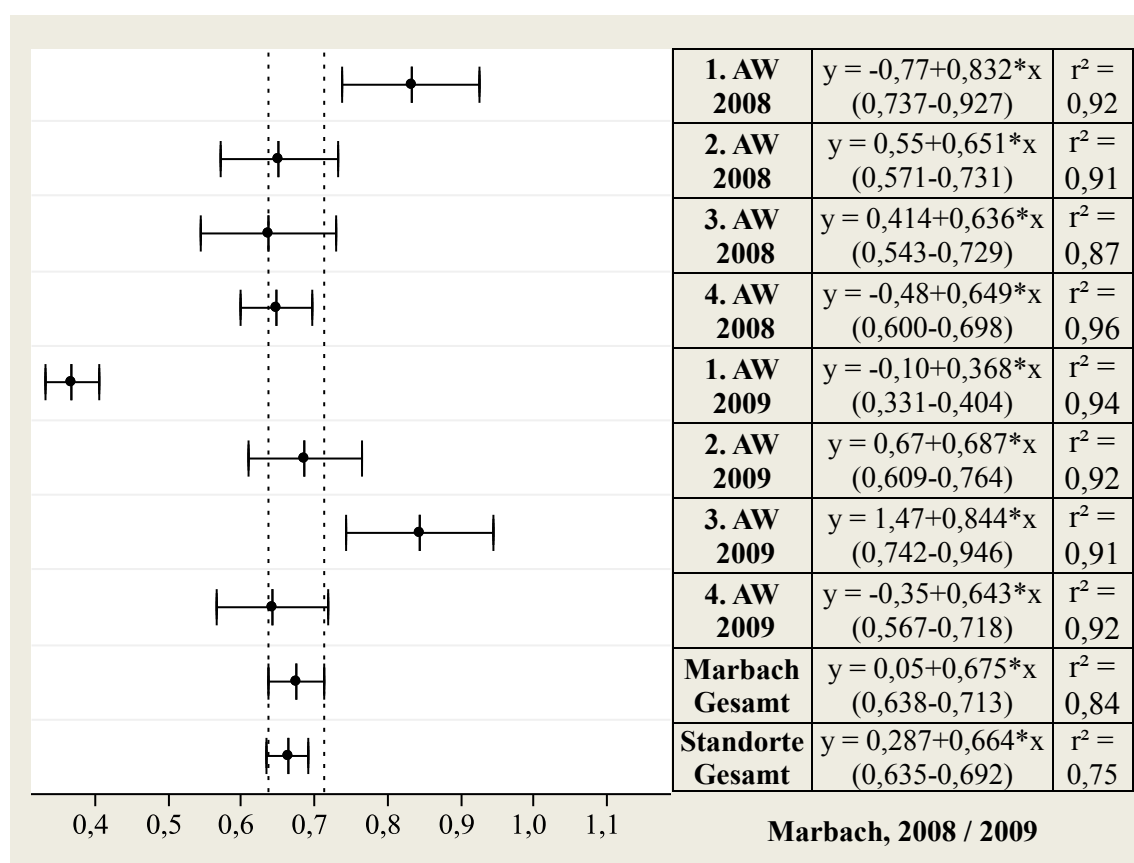
**Abb. 4-3:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x); Clausnitz 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % Konfidenzintervalle

Die Felderhebungen in Gahma ergaben für die Abhängigkeit des TM-Ertragsanteils vom DG des Ampfers einen Regressionskoeffizient von  $b = 0,643$  bei einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,63$  (Abb. 4-4). Diese Funktion unterschied sich nur unwesentlich von der über alle Standorte ermittelten Funktion. Wiederum wurde bei den ersten Aufwüchsen beider Jahre ein signifikant niedrigerer Steigungsfaktor als bei der Gesamtfunktion beobachtet. Mit Ausnahme des zweiten Aufwuchses 2009 lagen die Faktoren aller weiteren Funktionen oberhalb des Konfidenzintervalls der Gesamtfunktion für den Standort und unterschieden sich somit ebenfalls signifikant von dieser. Innerhalb der einzelnen Aufwüchse waren mit Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 = 0,78$  bis  $r^2 = 0,94$  hohe bis sehr hohe Abhängigkeiten gegeben. Für den letzten Aufwuchs 2009 ergab sich mit einem Intervall zwischen 0,97 und 1,346 ein Regressionskoeffizient von  $b = 1,158$ . In diesem Fall wurde pro Flächeneinheit vom Ampfer eine höhere Biomasse produziert als vom übrigen Bestand. Auch im dritten und vierten Aufwuchs des Jahres 2008 war Ampfer nahezu in gleichem Maße an der Biomasseproduktion beteiligt wie die Hauptbestandsbildner.



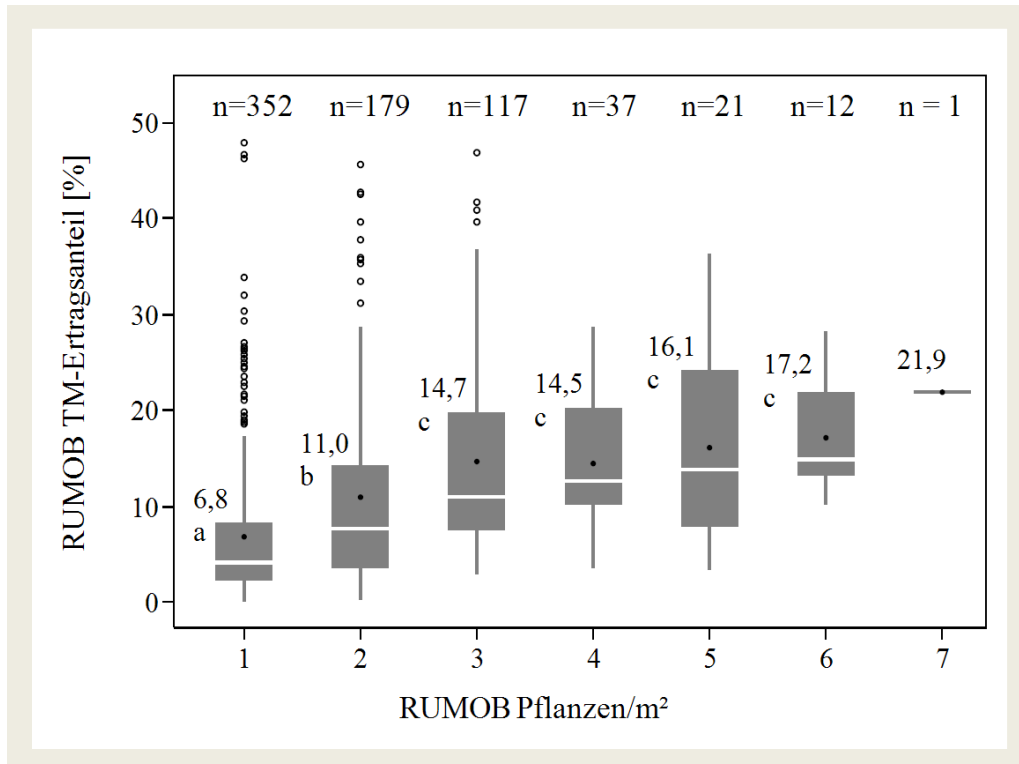
**Abb. 4-4:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x); Gahma 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % Konfidenzintervalle

Auch in Marbach unterschied sich der Steigungsfaktor ( $b = 0,675$ ) der über alle Erhebungen ermittelten linearen Regressionsgleichung nur unwesentlich von dem der Gesamtfunktion über alle Standorte (Abb. 4-5). Für den ersten Aufwuchs 2009 wurde wie bereits in Clausnitz und Gahma ein signifikant niedrigerer Faktor als in der Gesamtfunktion ermittelt. Ein gegensätzliches Bild ergab sich jedoch beim ersten Aufwuchs 2008. Dessen Schnitzeitpunkt wurde vom Landwirtschaftsbetrieb bewusst vorverlegt. Der auf der Fläche realisierte TM-Ertrag lag dabei nicht nur niedriger als der des folgenden Aufwuchses, sondern auch teils deutlich unter dem vergleichbarer Aufwüchse der anderen Standorte (Tab. 3-5). Mit Ausnahme der bereits genannten Aufwüchse und des dritten Aufwuchses 2009 lagen alle weiteren Regressionskoeffizienten im Bereich des Konfidenzintervalls der für Marbach ermittelten Gesamtfunktion. Innerhalb der verschiedenen Aufwüchse des Standortes wurden fast durchgängig sehr hohe Abhängigkeiten des TM-Ertragsanteils vom Ampfer-DG festgestellt.



**Abb. 4-5:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x); Marbach 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % Konfidenzintervalle

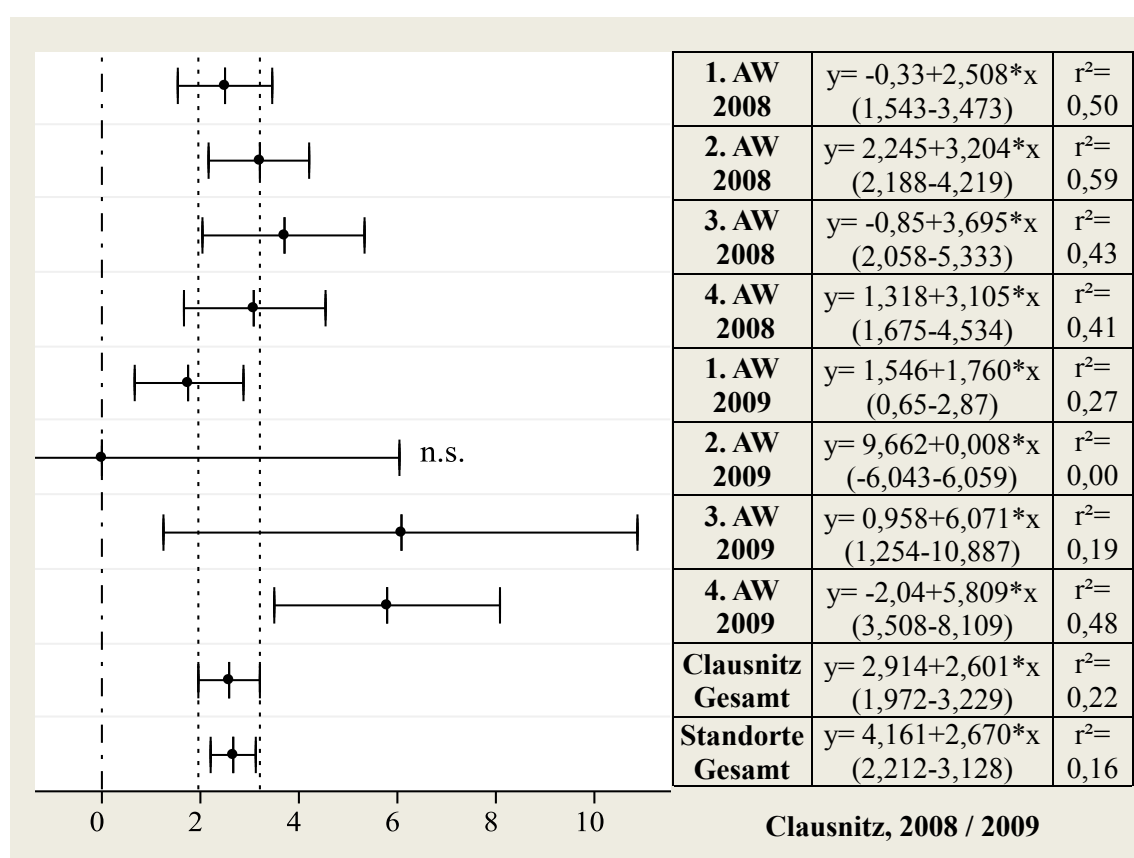
## Ampfer – Anzahl Pflanzen pro Quadratmeter und Ertragsanteile



**Abb. 4-6:** Abhängigkeit der Ampfer-TM-Ertragsanteile von der Anzahl Pflanzen\*m<sup>-2</sup> aus Felderhebungen; Wilcoxon-Test, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der Mittelwerte ( $\alpha = 0,05$ )

Innerhalb der Beprobungsquadrate wurde in knapp 50 % aller Felderhebungen eine Pflanzendichte von einer Ampferpflanze\*m<sup>-2</sup> ermittelt. In einem Viertel aller Erhebungsquadrate wuchsen jeweils zwei Pflanzen\*m<sup>-2</sup> und in weiteren 16 % wurden drei Pflanzen\*m<sup>-2</sup> gezählt. Höhere Pflanzendichten von 4 - 7 Pflanzen\*m<sup>-2</sup> wurden in weniger als 10 % aller Fälle registriert (Abb. 4-6). Die Mittelwerte der TM-Ertragsanteile von Ampfer lagen bei einem Befall mit einer Pflanze\*m<sup>-2</sup> bei 6,8 %, mit zwei Pflanzen\*m<sup>-2</sup> bei 11 % und mit drei Pflanzen\*m<sup>-2</sup> bei 14,7 % des Gesamt-TM-Ertrages der Erhebungsflächen. Bis zu einem Befall von drei Pflanzen\*m<sup>-2</sup> unterschieden sich dabei die mittleren TM-Ertragsanteile signifikant voneinander. Höhere Pflanzendichten zeigten keinen weiteren Anstieg im TM-Ertragsanteil des Ampfers. Bei der Bewertung der genannten statistischen Unterschiede sind sowohl die differierenden Stichprobenumfänge als auch die großen Streuungen der Einzelwerte zu beachten. Die TM-Ertragsanteile von ein bzw. zwei Ampferpflanzen\*m<sup>-2</sup> reichten dabei von 0,1 % bzw. 0,4 % bis knapp unter 50 %. Die ermittelten TM-Ertragsanteile der Gruppe mit drei Ampferpflanzen\*m<sup>-2</sup>

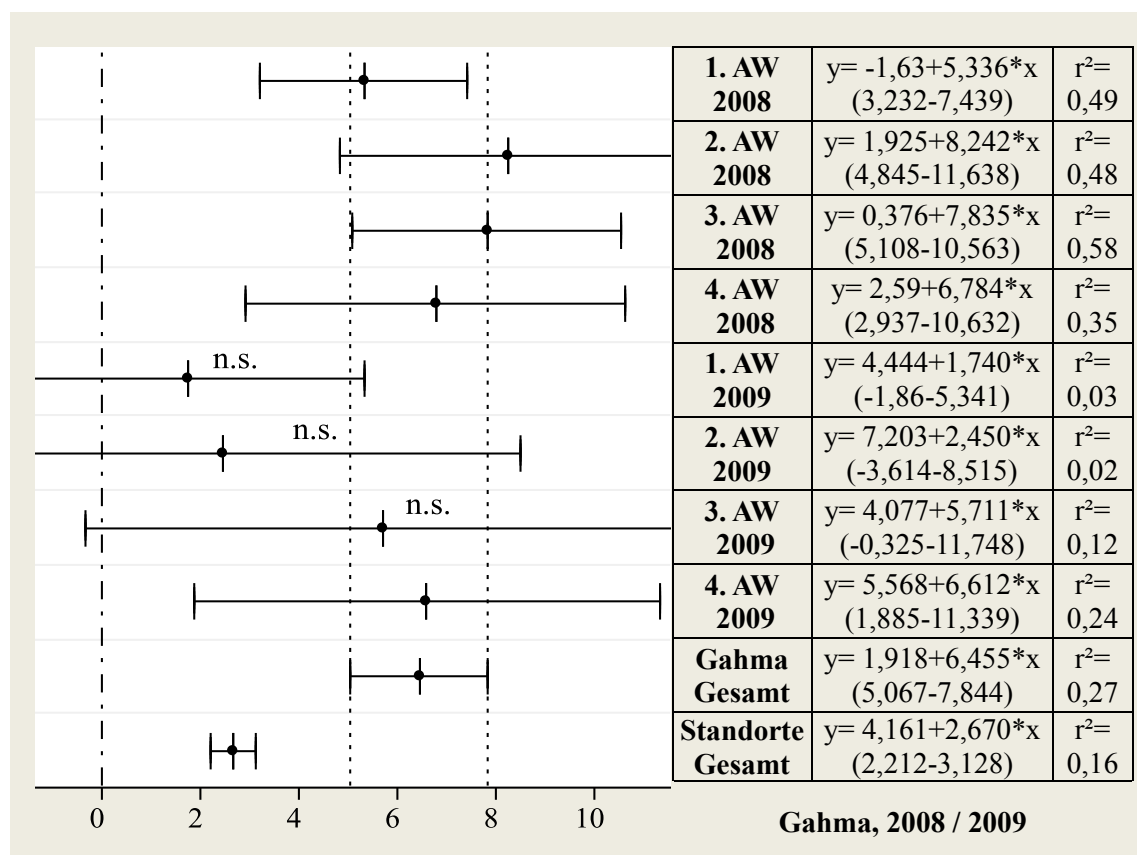
lagen zwischen 3 % und ebenfalls rund 50 % des Gesamt-TM-Ertrages. Basierend auf dieser großen Variabilität der Daten ist eine Überprüfung der Beziehung zwischen Ampfer-Abundanz und den TM-Ertragsanteilen auf Ebene der Faktoren Standort, Erhebungsjahr und Aufwuchs angezeigt. Dazu wurden wie bereits bei der Beschreibung der Abhängigkeit der TM-Ertragsanteile vom Deckungsgrad des Ampfers einzelne Regressionsgleichungen für jede Faktor-Kombination berechnet. Diese Darstellungsweise gewährleistet die direkte Vergleichbarkeit der Verfahren zur Bestimmung der TM-Ertragsanteile auf Basis des Deckungsgrades bzw. der Ampfer-Abundanz.



**Abb. 4-7:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen\*m<sup>2</sup> (x); Clausnitz 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % KI

Für die Gesamtheit der Erhebungen in Clausnitz wurde mit einem Regressionkoeffizienten von  $b = 2,601$  eine gute Übereinstimmung zur Funktion über alle Standorte gefunden. Mit Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 = 0,22$  bzw.  $r^2 = 0,16$  ergaben sich in beiden Fällen aber nur geringe bis sehr geringe Grade der Abhängigkeit des TM-Ertragsanteils von der Pflanzenzahl (Abb. 4-7). Die Konfidenzintervalle der Funktionen für die Aufwüchse des

Jahres 2008 und auch des ersten Aufwuchses 2009 zeigten eine gute Übereinstimmung zur Gesamtfunktion für Clausnitz, wiederum aber nur mit geringen bis maximal mittleren Abhängigkeiten des TM-Ertragsanteils von der Anzahl Ampferpflanzen\*m<sup>-2</sup>. Für die Daten des zweiten Aufwuchses 2009 wurde keine signifikante Abhängigkeit des TM-Ertragsanteils von der Pflanzenzahl ermittelt. Im dritten Aufwuchs desselben Jahres ergab sich mit einem Regressionskoeffizienten von  $b = 6,07$  ein sehr steiler Verlauf der Anpassungsgerade, allerdings kombiniert mit einem sehr großen Konfidenzintervall von 1,25 bis 10,9 und einem sehr niedrigen Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,19$ .

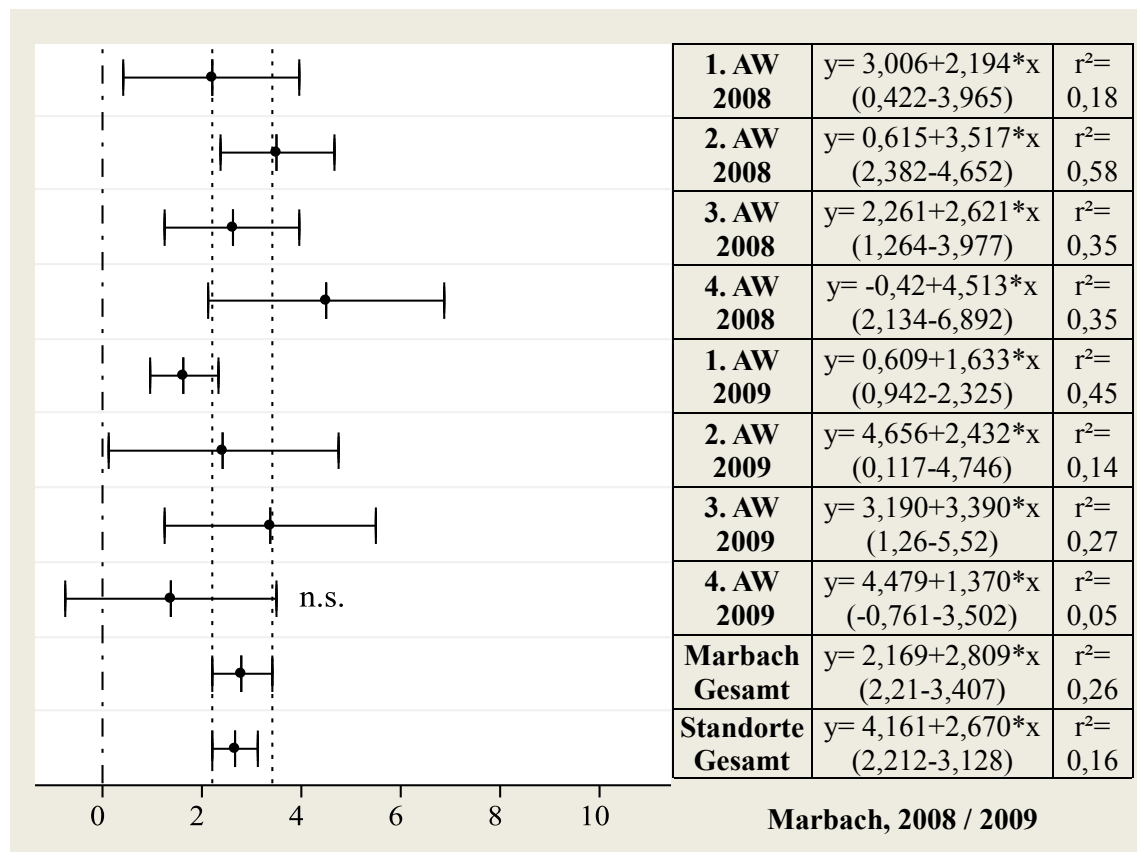


**Abb. 4-8:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen\*m<sup>-2</sup> (x); Gahma 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % KI

In Gahma wurde mit einem Regressionskoeffizienten von  $b = 6,45$  ein besonders steiler Verlauf der Anpassungsgerade festgestellt (Abb. 4-8). Dieser unterschied sich sowohl signifikant von dem der Funktion für Clausnitz bzw. Marbach als auch von dem der Gesamtfunktion über alle Standorte. Darüber hinaus konnte für den ersten, zweiten und dritten Aufwuchs des Jahres 2009 keine Abhängigkeit des Ampfer-TM-Ertragsanteils

von der Anzahl Ampferpflanzen\* $m^{-2}$  nachgewiesen werden. Wie bereits in Clausnitz lagen die Bestimmtheitsmaße in einem sehr niedrigen Bereich, so dass auch in Gahma nur eine geringe Abhängigkeit des TM-Ertragsanteils von der Ampfer-Abundanz gefunden wurde.

Mit einem Steigungsfaktor von  $b = 2,81$  wurde in Marbach für die Gesamtheit aller Erhebungsdaten kein gesicherter Unterschied zum Regressionskoeffizienten der Funktion für alle Standorte gefunden (Abb. 4-9). Wiederum wurden im Wesentlichen nur geringe bis sehr geringe Grade der Abhängigkeit des Ampfer-TM-Ertragsanteils von der Abundanz nachgewiesen. Die Bestimmtheitsmaße variierten zwischen  $r^2 = 0,18$  und  $r^2 = 0,58$  im Jahr 2008 und zwischen  $r^2 = 0,05$  und  $r^2 = 0,45$  im Jahr 2009. Für den vierten Aufwuchs 2009 konnte dabei keine gesicherte Abhängigkeit aufgezeigt werden.

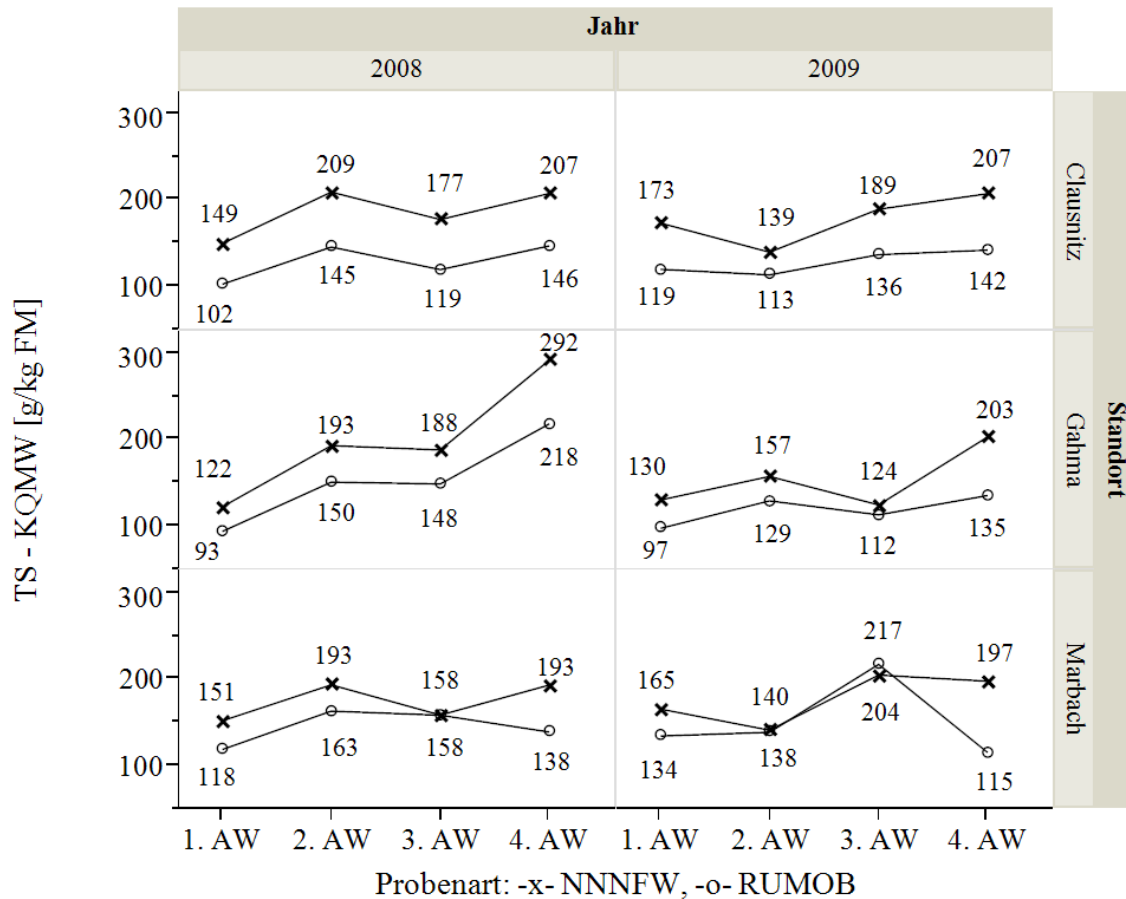


**Abb. 4-9:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen\* $m^{-2}$  (x); Marbach 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % KI



#### 4.1.2 TS-Gehalt und TM-Erträge von Gras und Ampfer

##### Trockensubstanzgehalt



**Abb. 4-10:** Trockensubstanzgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Jahr und Aufwuchs; n = 6

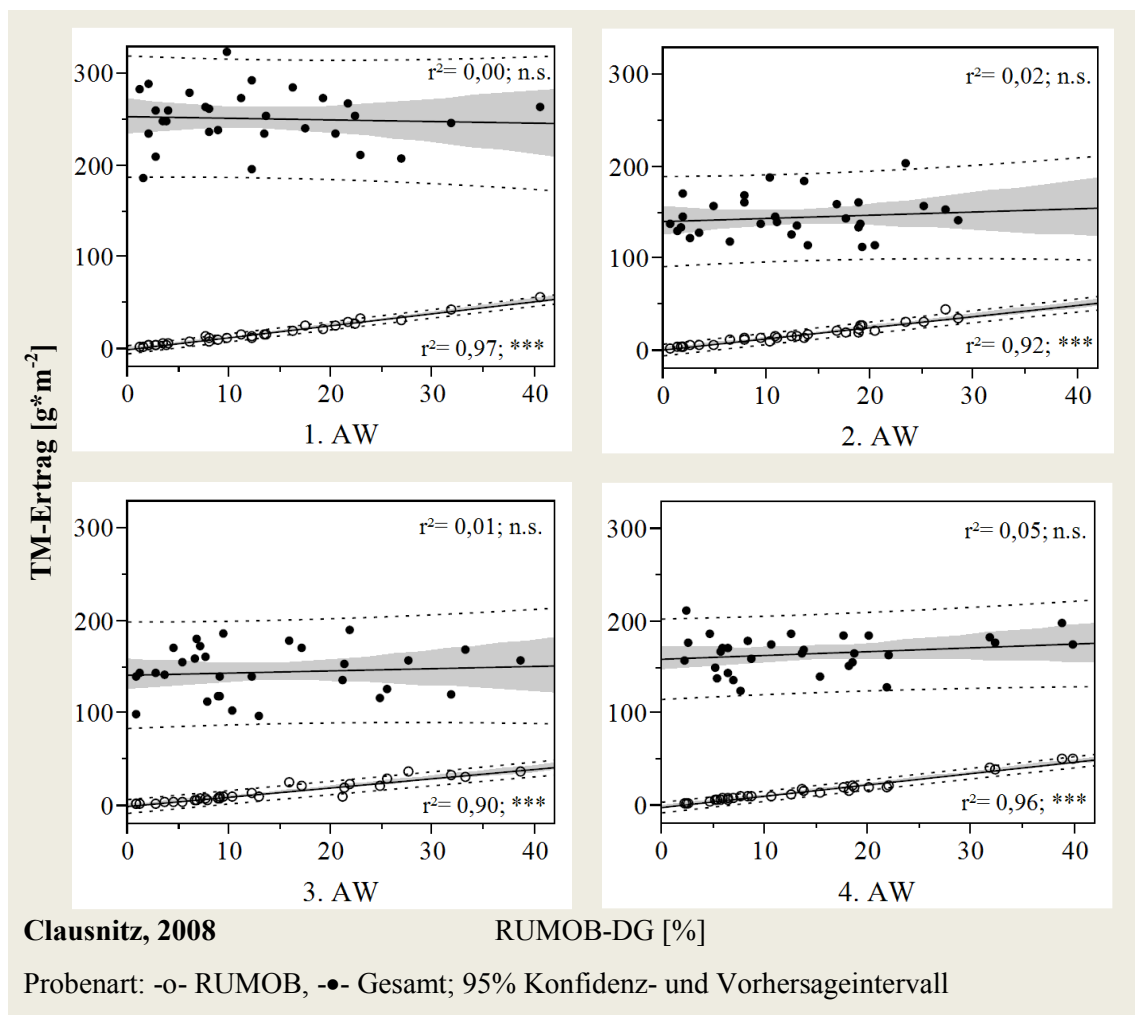
Die TS-Gehalte von Gras lagen im ersten Aufwuchs in einem Bereich zwischen  $122 \text{ g*kg FM}^{-1}$  und  $173 \text{ g*kg FM}^{-1}$  und stiegen in beiden Jahren und an allen Standorten bis zum letzten Aufwuchs mit Werten von  $193 \text{ g*kg FM}^{-1}$  bis  $292 \text{ g*kg FM}^{-1}$  tendenziell an (Abb. 4-10). Mit Ausnahme des zweiten Aufwuchses des Jahres 2008 in Marbach und der beiden dritten Aufwüchse desselben Standortes lagen die Trockensubstanzgehalte von Ampfer teils deutlich niedriger, stiegen aber ebenfalls im Verlauf der Beobachtungszeiträume tendenziell an. Im ersten Aufwuchs erreichte Ampfer dabei Werte zwischen  $93 \text{ g*kg FM}^{-1}$  und  $134 \text{ g*kg FM}^{-1}$ , diese lagen somit 19 % bis 31 % unter den entsprechenden Trockensubstanzgehalten von Gras. Der größte Unterschied beider Fraktionen ergab sich zu den jeweils letzten Aufwüchsen. Für Ampfer wurden dabei

Trockensubstanzgehalte zwischen 115 g\*kg FM<sup>-1</sup> und 218 g\*kg FM<sup>-1</sup> ermittelt, diese lagen somit 24 % bis 41 % unter den Werten von Gras. Im Mittel aller Erhebungen wurde für Ampfer ein Trockensubstanzgehalt von 134 g\*kg FM<sup>-1</sup> berechnet, dieser lag bei nur 77 % des Wertes von Gras mit 174 g\*kg FM<sup>-1</sup> (Tab. 4-2). Bezüglich des Trockensubstanzgehaltes unterschieden sich die Probenarten signifikant voneinander. Nahezu 50 % der Variabilität konnte durch das Wirken der Faktoren Standort, Jahr bzw. Aufwuchs innerhalb des varianzanalytischen Modells erklärt werden. Der größte Einfluss ging dabei mit einem Varianzkomponentenanteil von 29 % vom Faktor Aufwuchs aus, zusätzlich ergab sich durch die Interaktion zwischen Aufwuchs und Probenart ein VKA von knapp 9 %. In den jeweils ersten drei Aufwüchsen lag der TS-Gehalt von Ampfer zwar mit 16 % bis 25 % deutlich unter dem von Gras, dennoch ergab sich aus statistischer Sicht kein gesicherter Unterschied. Im Mittel der jeweils letzten Aufwüchse hatte Ampfer einen um 31 % signifikant geringeren TS-Gehalt als die vergleichbaren Grasproben.

**Tab. 4-2:** TS-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-transformierten Daten; Standort, Jahr und Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			TS - KQMW [g*kg FM <sup>-1</sup> ]		p	VKA [%]
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	48	179 <sub>a</sub>	128 <sub>c</sub>		6,08
	Gahma	48	170 <sub>ab</sub>	132 <sub>bc</sub>		
	Marbach	48	173 <sub>ab</sub>	143 <sub>ab</sub>		
					n.s.	-1,47
Jahr	2008	72	179 <sub>a</sub>	140 <sub>b</sub>		-0,42
	2009	72	169 <sub>ab</sub>	128 <sub>b</sub>		
					n.s.	5,24
Aufwuchs	1. AW	36	147 <sub>cd</sub>	110 <sub>d</sub>		8,72
	2. AW	36	170 <sub>b</sub>	138 <sub>bc</sub>		
	3. AW	36	172 <sub>b</sub>	144 <sub>bc</sub>		
	4. AW	36	213 <sub>a</sub>	146 <sub>bc</sub>		
					*	29,25
Probenart		144	174 <sub>a</sub>	134 <sub>b</sub>	*	-
Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), p (Signifikanz der Faktoren), $r^2 = 0,56$					Residuum	52,60
					Summe	100,00

## TM-Erträge von Ampfer und Gras bei steigendem Ampferbefall



**Abb. 4-11:** TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Clausnitz, 2008; n = 30

In Clausnitz wurde 2008 auf den Erhebungsflächen ein Gesamt-TM-Ertrag aus Gras und Ampfer von 707 g\*m<sup>-2</sup> erzielt. Davon entfielen im Mittel aller Erhebungsquadrate auf den ersten Aufwuchs 252 g\*m<sup>-2</sup> (36,6 %) und jeweils 145 g\*m<sup>-2</sup> (20,5 %) auf den zweiten bzw. dritten Aufwuchs (Abb. 4-11). Im letzten Aufwuchs lag der Gesamt-TM-Ertrag bei 165 g\*m<sup>-2</sup> (22,4 %). Darin enthalten sind Ampferanteile in einem Bereich von 1,2 % bis 40,5 % bei einem mittleren Deckungsgrad von 13,2 %. Zu allen Aufwüchsen wurde eine hoch signifikante Zunahme der Ampfer-Biomasse mit steigenden Ampfer-Deckungsgraden beobachtet, die Regressionskoeffizienten der Anpassungsgeraden lagen dabei zwischen  $b = 1,00$  und  $b = 1,31$  (Tab. 4-3). Der Gesamt-TM-Ertrag zeigte in keinem der Aufwüchse eine gerichtete Abhängigkeit vom Ampferbefall. Die in

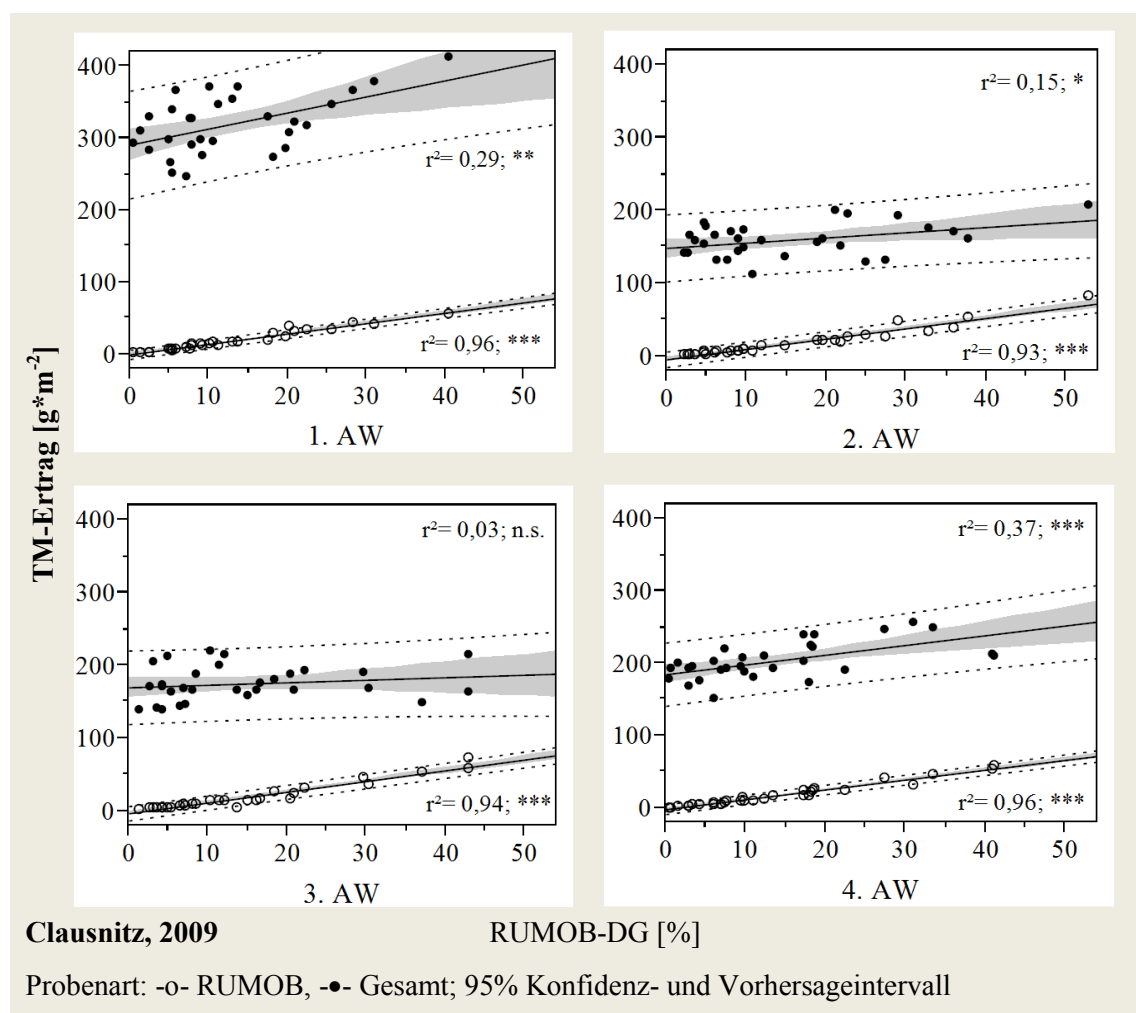
der Abbildung erkennbare hohe Variabilität der Einzelwerte ist nahezu vollständig auf die Streuung der Erträge der Graskomponente zurückzuführen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf deren Darstellung im Folgenden verzichtet, die entsprechenden Werte sind im Anhang tabellarisch dargestellt. Die mit steigendem Ampfer-Deckungsgrad kleiner werdende verbleibende Fläche führte zu entsprechend sinkenden TM-Erträgen von Gras. Dabei kam es jedoch nur im ersten und letzten Aufwuchs zu statistisch gesicherten Rückgängen.

**Tab. 4-3:** Abhängigkeit des TM-Ertrages (y) von Ampfer, Gras und des Gesamtbestandes vom Ampfer-DG (x); Regressionsgleichungen, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße; Ergebnisse aus Felderhebungen, Clausnitz 2008 und 2009, n = 30

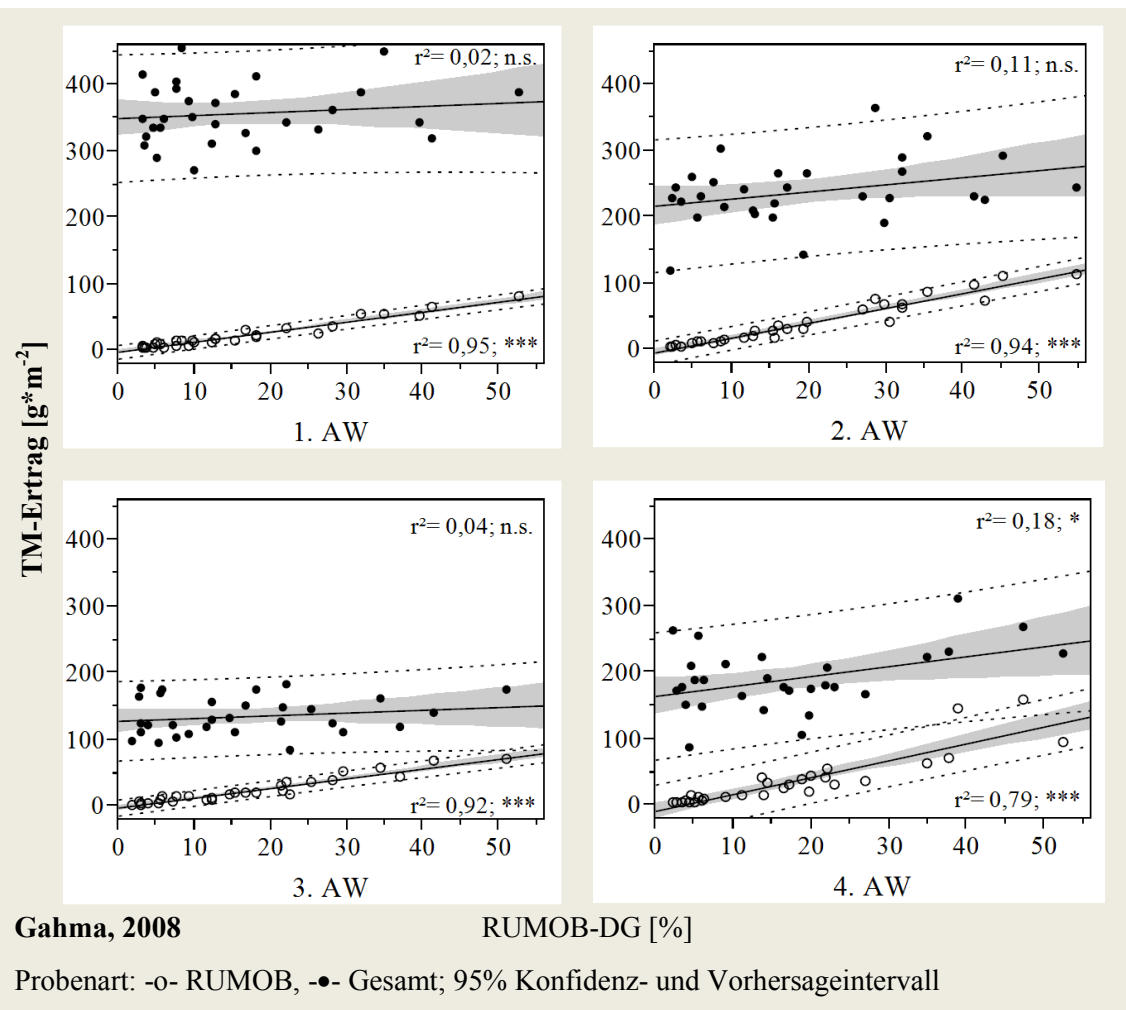
Clausnitz	RUMOB			NNNFW			Gesamtbestand		
2008	Anpassung	p	r <sup>2</sup>	Anpassung	p	r <sup>2</sup>	Anpassung	p	r <sup>2</sup>
1. AW	y = -0,85+1,31*x	***	0,97	y=255-1,49*x	*	0,19	y=254-0,18*x	n.s.	0,00
2. AW	y= 0,745+1,22*x	***	0,92	y=140-0,87*x	n.s.	0,09	y=141+0,35*x	n.s.	0,02
3. AW	y= -0,66+1,01*x	***	0,90	y=142-0,77*x	n.s.	0,09	y=142+0,24*x	n.s.	0,01
4. AW	y= -2,31+1,23*x	***	0,96	y=162-0,82*x	*	0,17	y=159+0,41*x	n.s.	0,05
2009									
1. AW	y= -0,76+1,45*x	***	0,96	y=292+0,79*x	n.s.	0,05	y=291+2,23*x	**	0,29
2. AW	y= -4,61+1,42*x	***	0,93	y=153-0,70*x	*	0,17	y=148+0,72*x	*	0,15
3. AW	y= -3,44+1,48*x	***	0,94	y=173-1,13*x	**	0,26	y=170+0,35*x	n.s.	0,03
4. AW	y= -2,23+1,36*x	***	0,96	y=187-0,02*x	n.s.	0,00	y=184+1,35*x	***	0,37

Im Erhebungsjahr 2009 wurde in Clausnitz mit 857 g\*m<sup>-2</sup> in Summe ein höherer Gesamt-TM-Ertrag realisiert als im Vorjahr (Abb. 4-12). Im Mittel aller jeweils 30 Erhebungsquadrate entfielen dabei auf den ersten Aufwuchs 37 %, auf den zweiten bzw. dritten 19 % und 20 % sowie auf den letzten Aufwuchs 24 %. Mit einem Bereich von 0,4 % bis 53 % lag der mittlere Ampfer-Deckungsgrad bei 14,3 % und damit ebenfalls höher als 2008. Mit Bestimmtheitsmaßen von r<sup>2</sup> = 0,93 bis r<sup>2</sup> = 0,96 wurde wiederum eine sehr hohe Abhängigkeit des Ampfer-TM-Ertrages vom Deckungsgrad festgestellt. Zwischen den Aufwüchsen gab es dabei in den Steigungsfaktoren der Regressionsgeraden nur geringe Unterschiede (Tab. 4-3). Wie im Vorjahr wurde auch 2009 eine hohe Variabilität der TM-Erträge von Gras verzeichnet. Auf die mit steigendem Ampferbefall kleiner werdende Fläche reagierte Gras mit sinkenden Erträgen. Im Falle des zweiten und dritten Aufwuchses war dieser Rückgang statistisch gesichert, jedoch bestand nur

eine sehr geringe Abhängigkeit vom entsprechenden Ampfer-DG ( $r^2 = 0,17$  bis  $r^2 = 0,26$ ). Mit steigendem Ampferbefall und dem damit ebenfalls zunehmenden Trockenmasseanteil von Ampfer wurden im ersten, zweiten sowie im letzten Aufwuchs insgesamt steigende Gesamt-TM-Erträge beobachtet. Die große Variabilität der Gras-TM-Erträge bedingte eine ebenfalls große Streuung der Gesamt-TM-Erträge, so dass regressionsanalytisch nur ein geringer Zusammenhang zum Ampferbefall aufgezeigt werden konnte ( $r^2 = 0,15$  bis  $r^2 = 0,37$ ). Mit Ausnahme des dritten Aufwuchses war der Steigungswinkel der Anpassungsgeraden signifikant verschieden von Null. Für den ersten Aufwuchs wurde ein Regressionskoeffizient von  $b = 2,23$  ermittelt, im zweiten ging dieser auf  $b = 0,72$  zurück und stieg im letzten Aufwuchs wieder auf  $b = 1,35$  an.



**Abb. 4-12:** TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Clausnitz, 2009;  $n = 30$



**Abb. 4-13:** TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Gahma, 2008; n = 30 (4. AW n = 29)

Die mit  $921 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  höchsten Gesamt-TM-Erträge des Jahres 2008 wurden in Gahma erzielt. Davon entfielen 39 % des TM-Ertrages von Gras und Ampfer auf den ersten Aufwuchs. Im weiteren Verlauf fielen die Erträge auf Anteile von 26 % im zweiten und 14 % im dritten Aufwuchs. Der letzte Aufwuchs erreichte einen Anteil von 21 % an der Gesamt-Trockenmasse. Über alle Erhebungsquadrate hinweg lag der Deckungsgrad von Ampfer bei 17,4 %. In allen vier Aufwüchsen wurden im Einzelfall Flächen mit einem maximalen Ampfer-Deckungsgrad von über 50 % beprobt (Abb. 4-13). Es wurde eine hohe bis sehr hohe einseitige Abhängigkeit der Ampfer-Trockenmasse vom Ampfer-DG festgestellt. Die statistisch gesicherten Steigungsfaktoren der Anpassungsgeraden lagen dabei zwischen  $b = 1,46$  und  $b = 2,54$  (Tab. 4-4). In Gahma war ebenso wie in Clausnitz eine große Streuung der TM-Erträge der Probenart Gras gegeben, dementsprechend groß war auch die Variabilität der Gesamt-TM-Erträge der einzelnen Aufwüchse. Die

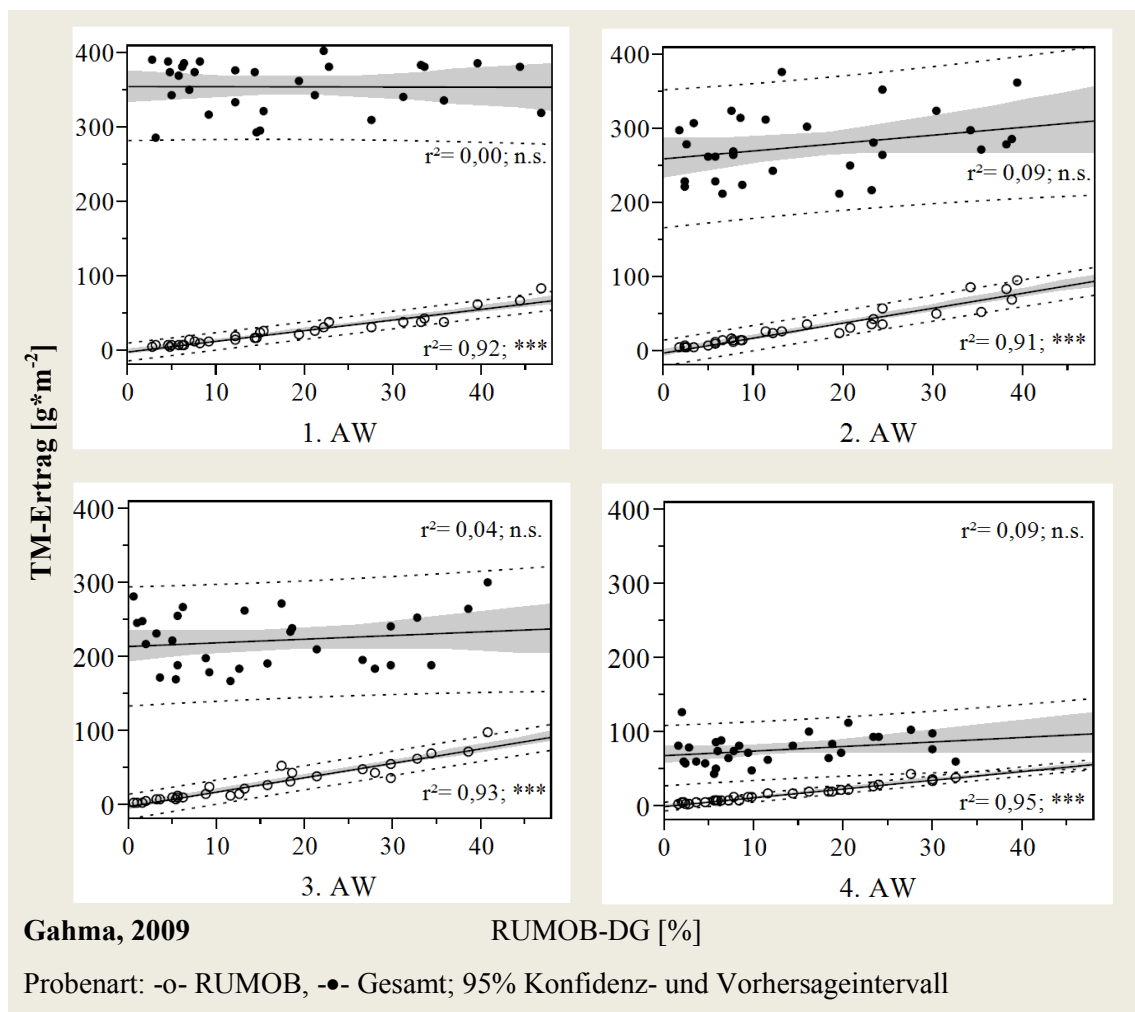
signifikanten Rückgänge der Graserträge im zweiten und dritten Aufwuchs wurden bei steigenden Ampfer-Deckungsgraden durch die Zunahme der Ampfer-Trockenmasse ausgeglichen. Im vierten Aufwuchs zeigten Erhebungsquadrate mit hohem Ampferbefall signifikant höhere Gesamt-TM-Erträge als Erhebungsflächen mit geringerem Befall. Eine diesbezügliche Abhängigkeit wurde jedoch nicht nachgewiesen.

**Tab. 4-4:** Abhängigkeit des TM-Ertrages (y) von Ampfer, Gras und des Gesamtbestandes vom Ampfer-DG (x); Regressionsgleichungen, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße; Ergebnisse aus Felderhebungen, Gahma 2008 und 2009, n = 30

<b>Gahma</b>	<b>RUMOB</b>			<b>NNNFW</b>			<b>Gesamtbestand</b>		
<b>2008</b>	<b>Anpassung</b>	<b>p</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>Anpassung</b>	<b>p</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>Anpassung</b>	<b>p</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
<b>1. AW</b>	y= -1,71+1,50*x	***	0,95	y=351-1,05*x	n.s.	0,09	y=350+0,46*x	n.s.	0,02
<b>2. AW</b>	y= -4,35+2,24*x	***	0,94	y=221-1,16*x	*	0,13	y=217+1,08*x	n.s.	0,11
<b>3. AW</b>	y= -1,91+1,46*x	***	0,92	y=130-1,05*x	*	0,21	y=128+0,41*x	n.s.	0,04
<b>4. AW</b>	y= -8,57+2,54*x	***	0,79	y=173-1,05*x	n.s.	0,13	y=165+1,49*x	*	0,18
<b>2009</b>									
<b>1. AW</b>	y= -1,91+1,44*x	***	0,92	y=357-1,46*x	**	0,24	y=356-0,02*x	n.s.	0,00
<b>2. AW</b>	y= -2,75+2,03*x	***	0,91	y=263-0,96*x	n.s.	0,08	y=260+1,07*x	n.s.	0,09
<b>3. AW</b>	y= -2,37+1,95*x	***	0,93	y=217-1,46*x	**	0,28	y=214+0,50*x	n.s.	0,04
<b>4. AW</b>	y= -0,90+1,19*x	***	0,95	y=68,9-0,57*x	n.s.	0,08	y=68+0,62*x	n.s.	0,09

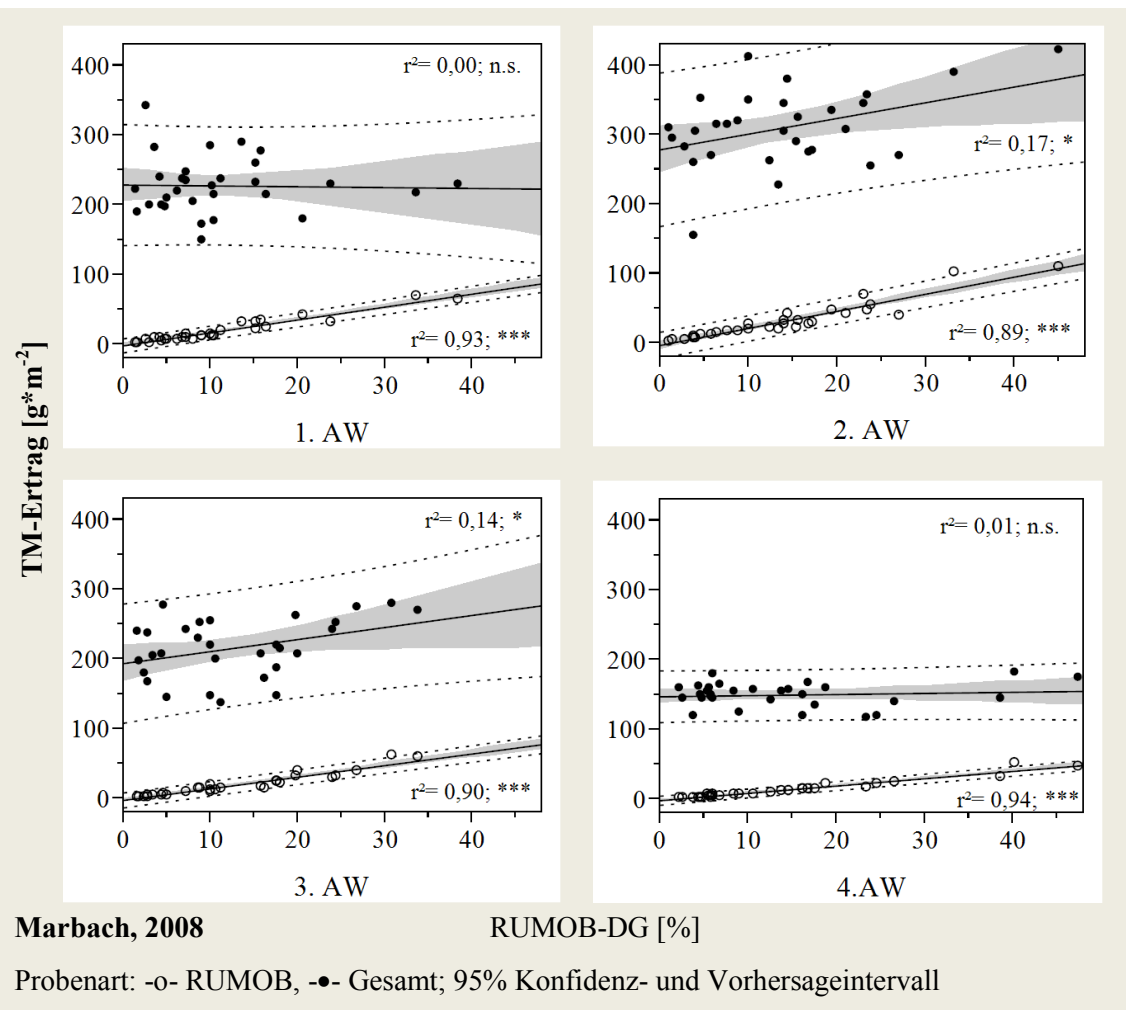
Im Jahr 2009 lag der Gesamt-TM-Ertrag der Erhebungsflächen bei 931,5 g\*m<sup>-2</sup> und damit geringfügig über dem des Vorjahres. Dieser Ertrag wurde im Wesentlichen mit den ersten drei Aufwüchsen realisiert. Der erste Aufwuchs erreichte mit 356 g\*m<sup>-2</sup> einen Anteil von 38 % am Jahresertrag. Im zweiten und dritten Aufwuchs lag der mittlere Gesamt-TM-Ertrag bei 277 g\*m<sup>-2</sup> (30 %) bzw. 223 g\*m<sup>-2</sup> (24 %). Witterungsbedingt kam es ab dem Sommer zu einer massiven Verschiebung im Pflanzenbestand. Die bisher dominierenden Gräser wurden von Weißklee verdrängt bzw. ersetzt, dementsprechend gering war mit 76 g\*m<sup>-2</sup> bzw. 8 % der TM-Ertrag des letzten Aufwuchses. Wiederum bestand eine sehr hohe und gesicherte Abhängigkeit der geernteten Ampfer-Trockenmasse vom Deckungsgrad (Abb. 4-14), für die Anpassungsgerade wurden Regressionskoeffizienten zwischen b = 1,19 und b = 2,03 berechnet (Tab. 4-4). Die Variabilität der Gras-TM-Erträge war vergleichbar zur Situation des Jahres 2008. Bei allen Aufwüchsen wurde mit Zunahme des Ampfer-Deckungsgrades auch ein Rückgang der

TM-Erträge von Gras bzw. im vierten Aufwuchs vorrangig von Weißklee festgestellt. Obwohl dieser Rückgang im ersten und dritten Aufwuchs statistisch gesichert werden konnte, bestand allenfalls eine geringe Abhängigkeit vom Ampfer-DG. Der genannte Rückgang im Gras-TM-Ertrag wurde in allen Aufwüchsen durch die mit dem Deckungsgrad stetig steigenden Ampfer-TM-Erträgen ausgeglichen, so dass es zu keinen Veränderungen im Gesamt-TM-Ertrag der jeweiligen Erhebungsflächen kam.



**Abb. 4-14:** TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Gahma, 2009, n = 30





**Abb. 4-15:** TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Marbach, 2008, n = 30

Auf den Erhebungsflächen in Marbach wurde 2008 ein Gesamt-TM-Ertrag aus Gras und Ampfer von  $904 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  erzielt. Davon entfielen im Mittel aller Erhebungsquadrate auf den ersten Aufwuchs  $228 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  (25 %), auf den zweiten Aufwuchs  $310 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  (34 %), auf den dritten Aufwuchs  $216 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  (24 %) und auf den letzten Aufwuchs  $150 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  (17 %). Es wurden Ampfer-Deckungsgrade von 1,0 % bis 47,4 % gemessen (Abb. 4-15). Der mittlere Ampfer-Deckungsgrad über alle Erhebungstermine lag mit geringen Schwankungen bei 13,0 %. Zu allen Aufwüchsen wurde eine hoch signifikante Zunahme der Ampfer-Biomasse bei steigendem Ampfer-DG beobachtet. Gleichzeitig bestand eine hohe einseitige Abhängigkeit der TM-Erträge vom Ampfer-DG. Der über die Aufwüchse gemittelte Regressionskoeffizient der Anpassungsgeraden lag bei  $b = 1,8$  (Tab. 4-5). Im ersten und vierten Aufwuchs wurden mit einem Steigungsfaktor von

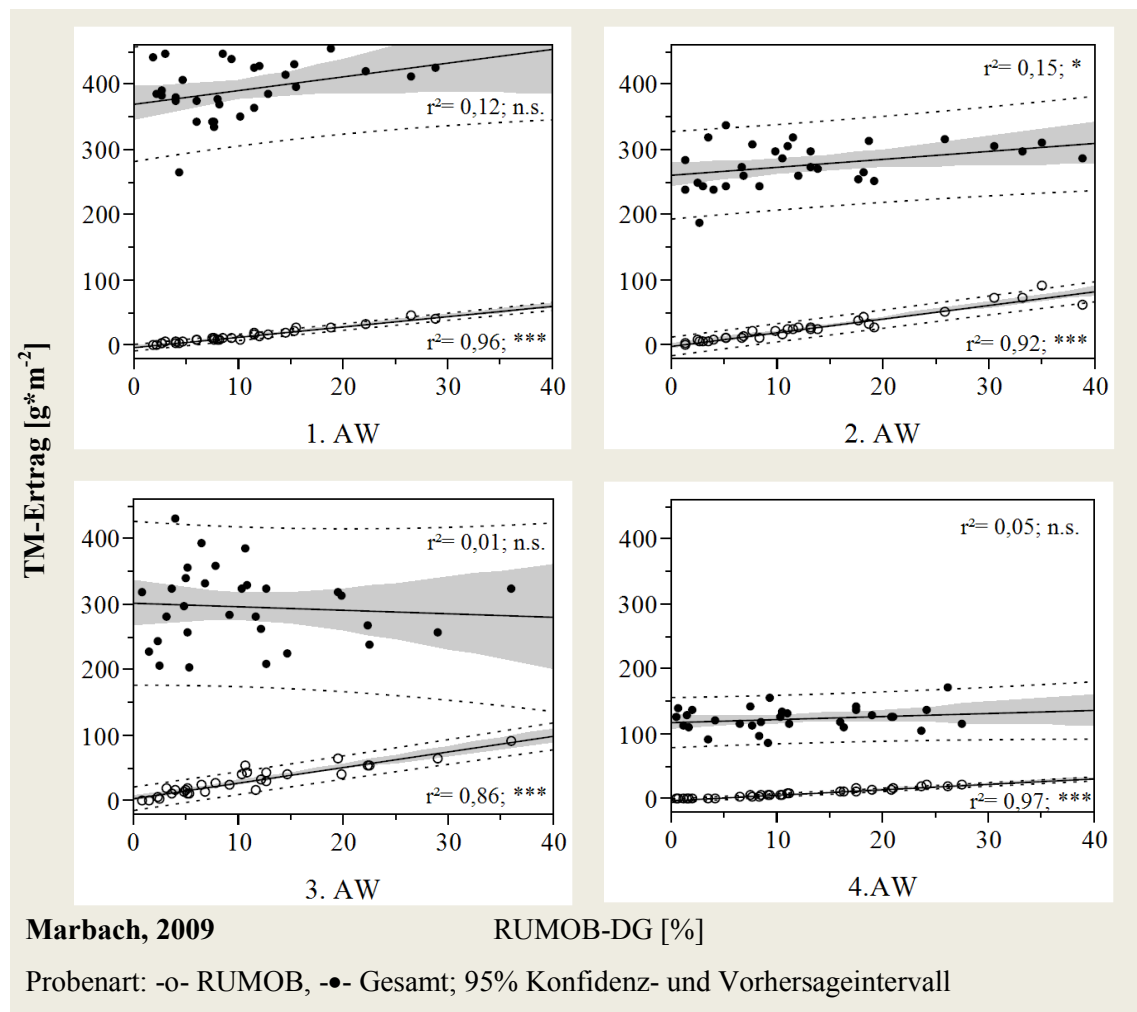
$b = -1,97$  bzw.  $b = -0,89$  signifikant fallende Gras-TM-Erträge beobachtet. In beiden Fällen bestand aber nur eine geringe bis sehr geringe Abhängigkeit des Gras-TM-Ertrages vom Deckungsgrad des Ampfers. Dieser Rückgang im Grasertrag wurde durch eine Zunahme der Ampfer-Biomasse kompensiert, so dass keine wesentliche Veränderung des Gesamt-TM-Ertrages zu beobachten war. Im zweiten Aufwuchs trafen stark steigende Ampfer-TM-Erträge mit geringfügig fallenden TM-Erträgen von Gras zusammen, in Folge dessen kam es zu einem nachgewiesenen Anstieg im Gesamt-TM-Ertrag. Ähnliche Ergebnisse konnten auch im dritten Aufwuchs festgestellt werden.

**Tab. 4-5:** Abhängigkeit des TM-Ertrages (y) von Ampfer, Gras und des Gesamtbestandes vom Ampfer-DG (x); Regressionsgleichungen, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße; Ergebnisse aus Felderhebungen, Marbach 2008 und 2009, n = 30

Marbach	RUMOB			NNFW			Gesamtbestand		
2008	Anpassung	p	r <sup>2</sup>	Anpassung	p	r <sup>2</sup>	Anpassung	p	r <sup>2</sup>
1. AW	$y = -1,47 + 1,85 \cdot x$	***	0,92	$y = 230 - 1,97 \cdot x$	*	0,17	$y = 229 - 0,12 \cdot x$	n.s.	0,00
2. AW	$y = -3,13 + 2,46 \cdot x$	***	0,89	$y = 282 - 0,20 \cdot x$	n.s.	0,00	$y = 279 + 2,26 \cdot x$	*	0,17
3. AW	$y = -2,30 + 1,67 \cdot x$	***	0,90	$y = 196 + 0,06 \cdot x$	n.s.	0,00	$y = 194 + 1,73 \cdot x$	*	0,14
4. AW	$y = -1,76 + 1,05 \cdot x$	***	0,94	$y = 149 - 0,89 \cdot x$	**	0,30	$y = 147 + 0,16 \cdot x$	n.s.	0,01
2009									
1. AW	$y = -1,49 + 1,58 \cdot x$	***	0,96	$y = 372 + 0,52 \cdot x$	n.s.	0,01	$y = 371 + 2,01 \cdot x$	n.s.	0,12
2. AW	$y = 0,30 + 2,09 \cdot x$	***	0,92	$y = 262 - 0,87 \cdot x$	n.s.	0,08	$y = 262 + 1,22 \cdot x$	*	0,15
3. AW	$y = 5,41 + 2,38 \cdot x$	***	0,86	$y = 298 - 2,91 \cdot x$	*	0,18	$y = 303 - 0,54 \cdot x$	n.s.	0,01
4. AW	$y = -0,83 + 0,84 \cdot x$	***	0,97	$y = 120 - 0,37 \cdot x$	n.s.	0,03	$y = 119 + 0,47 \cdot x$	n.s.	0,05

Der höchste Gesamt-TM-Ertrag über alle Standorte und Erhebungsjahre wurde mit  $1092 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  Erhebungsfläche im Jahr 2009 in Marbach realisiert. Darin enthalten war eine Ampfer-Trockenmasse von durchschnittlich 11,3 % der Gesamtfläche. Mit  $392 \text{ g TM} \cdot \text{m}^{-2}$  (36 %) wurde gleichzeitig der höchste Ertrag aller ersten Aufwüchse ermittelt. Der zweite und dritte Aufwuchs trug inklusive Ampfer mit 25 % bzw. 27 % zum Gesamt-TM-Ertrag bei. Zu allen Aufwüchsen bestand eine hohe bis sehr hohe Abhängigkeit der Menge der geernteten Ampfer-Trockenmasse vom Deckungsgrad (Abb. 4-16). Ohne Ausnahme wurden dabei signifikante Anstiege der Anpassungsgeraden gefunden. Die Regressionskoeffizienten der ersten drei Aufwüchse lagen zwischen  $b = 1,58$  und  $b = 2,38$ . Für die Anpassung des letzten Aufwuchses wurde mit einem

Regressionskoeffizienten von  $b = 0,84$  ein ungewöhnlich niedriger Wert kalkuliert (Tab. 4-5). Die hohe Variabilität der Werte des Gesamt-TM-Ertrages basiert zu großen Teilen auf der Streuung der Gras-TM-Erträge, analog zu den bisher beschriebenen Ergebnissen. Mit Ausnahme des zweiten Aufwuchses konnten für die Steigung der Regressionsgeraden keine signifikant von Null verschiedenen Werte gefunden werden.



**Abb. 4-16:** TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Marbach, 2009;  $n = 30$

### 4.1.3 Rohnährstoffe, Faserbestandteile, Verdaulichkeit und Energiedichte von Ampfer und Gras aus Felderhebungen

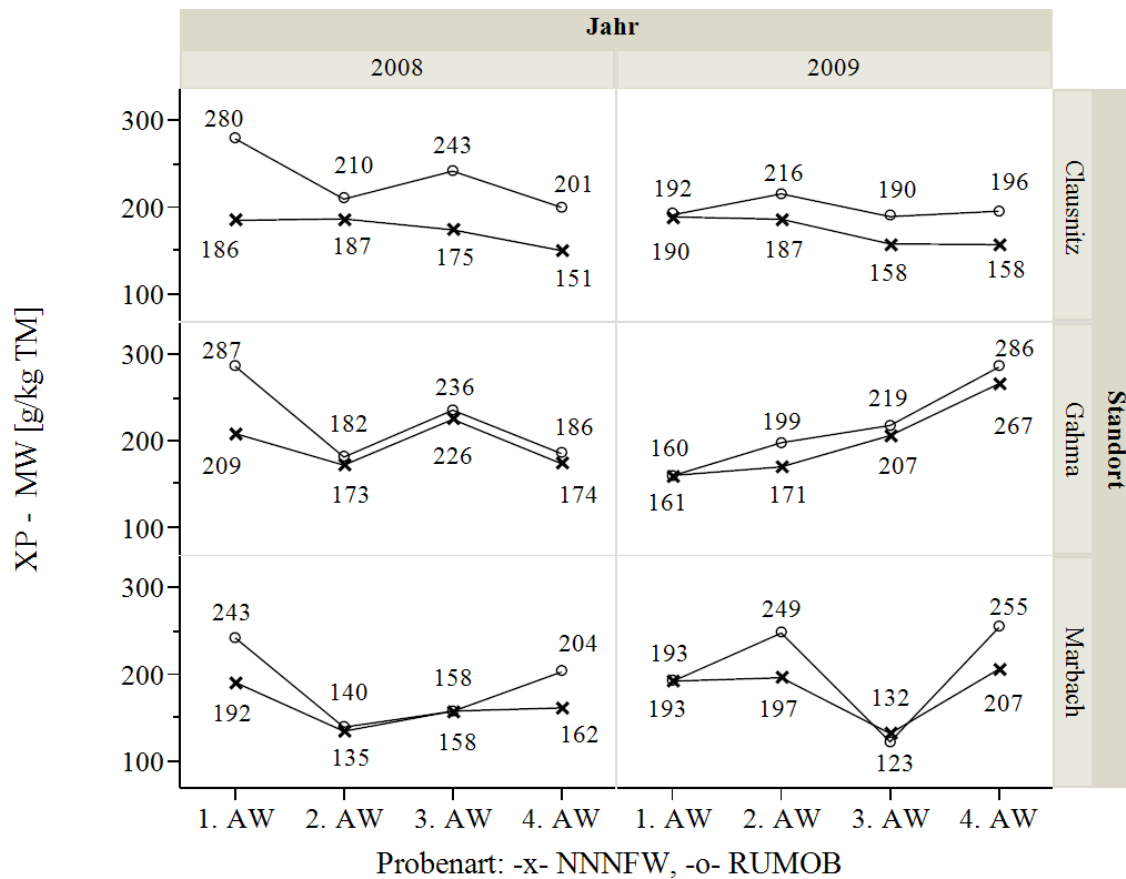
#### Rohasche

Der mittlere XA-Gehalt von Ampfer lag mit  $110 \text{ g*kg TM}^{-1}$  rund 16 % über dem von Gras mit  $95 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , diese Differenz konnte statistisch nicht abgesichert werden (Tab. 4-6). Die Faktoren Standort, Jahr bzw. Aufwuchs übten keinen gesicherten Einfluss auf den XA-Gehalt der Probenarten aus, ebenso wurden bei Betrachtung der Faktor-Stufen-Kombinationen bis auf den Standort Clausnitz keine signifikanten Unterschiede festgestellt. In Clausnitz lag der XA-Gehalt von Ampfer bei  $109 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit 24 % gesichert über dem Wert von Gras mit einem Gehalt von  $88 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . In Gahma und Marbach betrugen diese Differenzen 20 % bzw. 5 %. Nahezu unverändert waren die XA-Gehalte von Ampfer bzw. Gras zwischen den Erhebungsjahren, während bei den Aufwüchsen deutlichere Unterschiede beobachtet wurden.

**Tab. 4-6:** Rohaschegehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-transformierten Daten; Standort, Jahr und Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			XA - KQMW [ $\text{g*kg TM}^{-1}$ ]		p	VKA [%]
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	88 <sub>d</sub>	109 <sub>b</sub>		15,42
	Gahma	24	101 <sub>abc</sub>	121 <sub>a</sub>		
	Marbach	24	95 <sub>abcd</sub>	100 <sub>cd</sub>		
					n.s.	12,19
Jahr	2008	36	94 <sub>a</sub>	110 <sub>a</sub>		0,73
	2009	36	96 <sub>a</sub>	110 <sub>a</sub>		
					n.s.	-0,61
Aufwuchs	1. AW	18	97 <sub>abcd</sub>	116 <sub>ab</sub>		22,25
	2. AW	18	91 <sub>bcd</sub>	96 <sub>cd</sub>		
	3. AW	18	103 <sub>abc</sub>	112 <sub>ab</sub>		
	4. AW	18	89 <sub>bcd</sub>	118 <sub>ab</sub>		
					n.s.	5,77
Probenart		72	95 <sub>a</sub>	110 <sub>a</sub>	n.s.	-
Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ), p (Signifikanz der Faktoren), $r^2 = 0,61$					Residuum	44,25
					Summe	100,00

## Rohprotein



**Abb. 4-17:** Rohproteingehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Bei Gras wurden Rohproteingehalte von  $132 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $267 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gefunden. Bis auf wenige Ausnahmen lagen die Gehalte von Ampfer jeweils mehr oder weniger deutlich über denen von Gras und erreichten Werte von  $123 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $287 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Abb. 4-17). Mit einer Differenz von 27 % bis 51 % wurden besonders starke und signifikante Unterschiede beim ersten Aufwuchs 2008 festgestellt, während im darauffolgenden Jahr beide Probenarten vergleichbare XP-Gehalte aufwiesen. Mit Ausnahme von Marbach wurden auch bei den beiden folgenden Aufwüchsen höhere Werte für Ampfer festgestellt. Zum vierten und jeweils letzten der untersuchten Aufwüchse wurde im Mittel der Jahre für Clausnitz ein um 29 % und für Marbach ein um 26 % höherer XP-Gehalt des Ampfers ermittelt. In Gahma betrug diese Differenz nur 7 %.

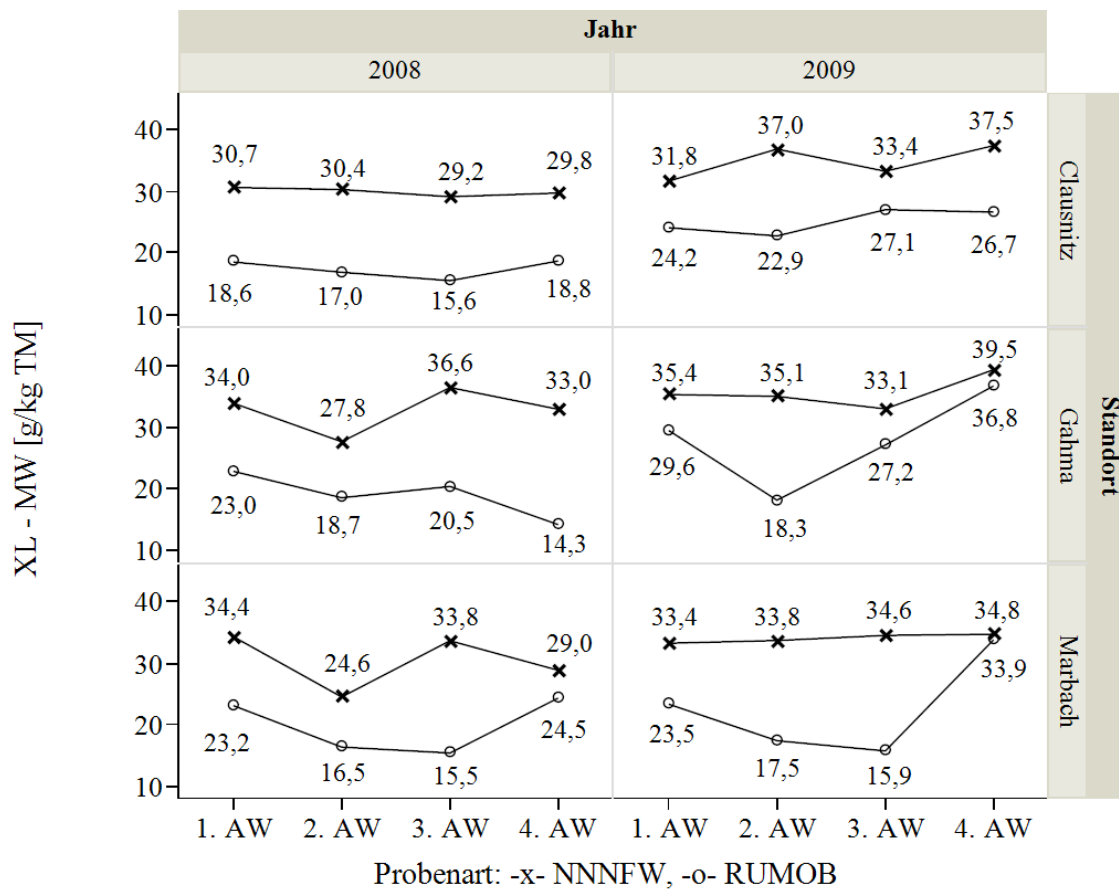
**Tab. 4-7:** Rohproteingehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			XP - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	174 <sub>b</sub>	216 <sub>a</sub>	7,27	n.s.
	Gahma	24	198 <sub>a</sub>	220 <sub>a</sub>		
	Marbach	24	172 <sub>b</sub>	196 <sub>ab</sub>		
					7,27	n.s.
Jahr	2008	36	177 <sub>b</sub>	214 <sub>a</sub>	0,06	n.s.
	2009	36	186 <sub>b</sub>	207 <sub>a</sub>		
					0,06	n.s.
Aufwuchs	1. AW	18	188 <sub>bc</sub>	226 <sub>a</sub>	6,23	n.s.
	2. AW	18	175 <sub>c</sub>	199 <sub>ab</sub>		
	3. AW	18	176 <sub>bc</sub>	195 <sub>abc</sub>		
	4. AW	18	186 <sub>bc</sub>	221 <sub>a</sub>		
					6,23	n.s.
Probenart		72	181 <sub>a</sub>	210 <sub>b</sub>	18,18	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Der Rohproteingehalt von Ampfer lag mit sehr hoher statistischer Sicherheit im Mittel aller Erhebungen bei 210 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit 16 % über dem von Gras mit 181 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-7). Am Standort Clausnitz wurde ein um 24 % signifikant höherer XP-Gehalt von Ampfer gefunden. In Gahma (+11 %) und Marbach (+14 %) war diese Differenz geringer und statistisch nicht nachweisbar. Bei Betrachtung des Faktors Standort waren die Rohproteingehalte von Ampfer untereinander vergleichbar, während beim Gras in Gahma ein höherer Rohproteingehalt als an den beiden anderen Standorten ermittelt wurde. Die Werte der Probenarten unterschieden sich zwischen den Erhebungsjahren nur geringfügig. Der Faktor Jahr hatte somit wie auch der Faktor Aufwuchs keinen Einfluss auf den Rohproteingehalt der Probenarten. Beim ersten, zweiten und auch beim vierten Aufwuchs wurden jeweils gesicherte Mittelwertunterschiede im Rohproteingehalt zwischen Ampfer und Gras festgestellt. Innerhalb der Probenarten waren im Laufe der Vegetationsperiode hingegen nur geringe Schwankungen zu verzeichnen.

## Rohfett



**Abb. 4-18:** Rohfettgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Die Rohfettgehalte von Ampfer lagen in allen Erhebungen teils deutlich unter denen von Gras (Abb. 4-18). Für Gras wurden Werte von  $24,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $39,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gefunden, für Ampfer lagen die entsprechenden Werte mit einer größeren Spannweite bei  $14,3 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $36,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Im Jahr 2008 wurde eine deutlichere Differenzierung als 2009 beobachtet. Die XL-Gehalte von Ampfer lagen dabei 2,6 % bis 56,6 % unter denen von Gras. Bis auf den vierten Aufwuchs in Marbach waren diese Unterschiede jeweils signifikant. Im Jahr 2009 wurden gegenüber der Vorjahr insgesamt höhere Rohfettgehalte bei beiden Probenarten gefunden, gleichzeitig wiesen die Ergebnisse aber eine größere Variabilität auf. Die visuell erkennbaren großen Unterschiede in Gahma zum zweiten Aufwuchs sowie zum zweiten und dritten Aufwuchs in Marbach waren daher statistisch nicht absicherbar.

**Tab. 4-8:** Rohfettgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

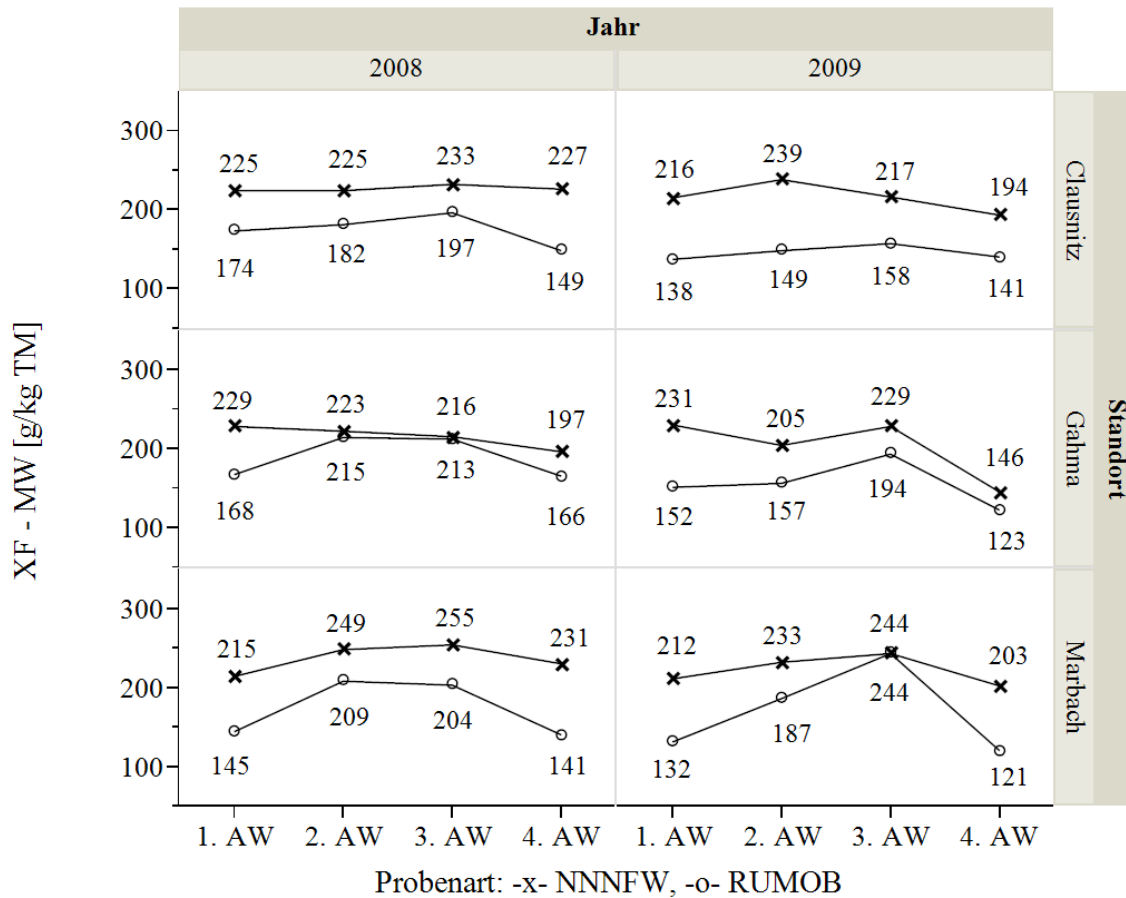
Faktor			XL - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	33 <sub>a</sub>	21 <sub>b</sub>		
	Gahma	24	34 <sub>a</sub>	24 <sub>b</sub>		
	Marbach	24	32 <sub>a</sub>	21 <sub>b</sub>		
					2,48	n.s.
Jahr	2008	36	31 <sub>b</sub>	19 <sub>d</sub>		
	2009	36	35 <sub>a</sub>	25 <sub>c</sub>		
					16,47	***
Aufwuchs	1. AW	18	33 <sub>a</sub>	24 <sub>b</sub>		
	2. AW	18	32 <sub>a</sub>	19 <sub>c</sub>		
	3. AW	18	33 <sub>a</sub>	20 <sub>bc</sub>		
	4. AW	18	35 <sub>a</sub>	26 <sub>b</sub>		
					7,05	n.s.
Probenart		72	33 <sub>a</sub>	22 <sub>b</sub>	76,93	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Im Mittel aller untersuchten Proben wurde für Ampfer ein Rohfettgehalt von 22 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-8) gefunden, er lag damit rund 33 % unter dem von Gras mit 33 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Signifikante Unterschiede zwischen Ampfer und Gras wurden nicht nur bei der Zusammenfassung aller Werte, sondern auch für jede Faktor-Stufen-Kombination der Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs festgestellt. Bezogen auf den Standort wurden innerhalb der Pflanzenarten aber vergleichbare Werte beobachtet. Die XL-Gehalte von Gras bezogen auf die verschiedenen Aufwüchse waren ebenfalls nicht unterschiedlich. Von beiden Faktoren ging kein gesicherter Effekt auf die Rohfettgehalte von Gras bzw. Ampfer aus. Einen sehr starken Einfluss hatte hingegen der Faktor Jahr. Der Rohfettgehalt von Gras lag in 2009 bei 35 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit rund 13 % über dem von 2008. Bei Ampfer war dieser Unterschied mit ca. 34 % noch ausgeprägter, gleichfalls mit einem höheren Wert in 2009. Bezogen auf die Pflanzenart wurden nicht nur signifikante Unterschiede im Rohfettgehalt zwischen den Erhebungsjahren festgestellt, sondern auch innerhalb der beiden Jahre zwischen den Probenarten Ampfer und Gras.



## Rohfaser



**Abb. 4-19:** Rohfasergehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Der Rohfasergehalt von Gras lag zum Zeitpunkt der jeweiligen Erhebungen im Bereich von  $146 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $255 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Abb. 4-19). Die Werte für Ampfer lagen zwischen  $121 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und  $244 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit bis auf wenige Ausnahmen deutlich niedriger als die von Gras. Eine besonders deutliche Differenzierung war dabei in beiden Jahren in Clausnitz, sowie 2008 in Marbach und 2009 in Gahma zu beobachten. Tendenziell waren die Unterschiede im Rohfasergehalt der beiden Probenarten zu den ersten bzw. letzten Aufwüchsen am größten. Die mit 0,1 % bis 3,5 % geringsten Differenzen wurden hingegen zum dritten Aufwuchs 2009 in Marbach sowie zum zweiten und dritten Aufwuchs 2008 in Gahma festgestellt.

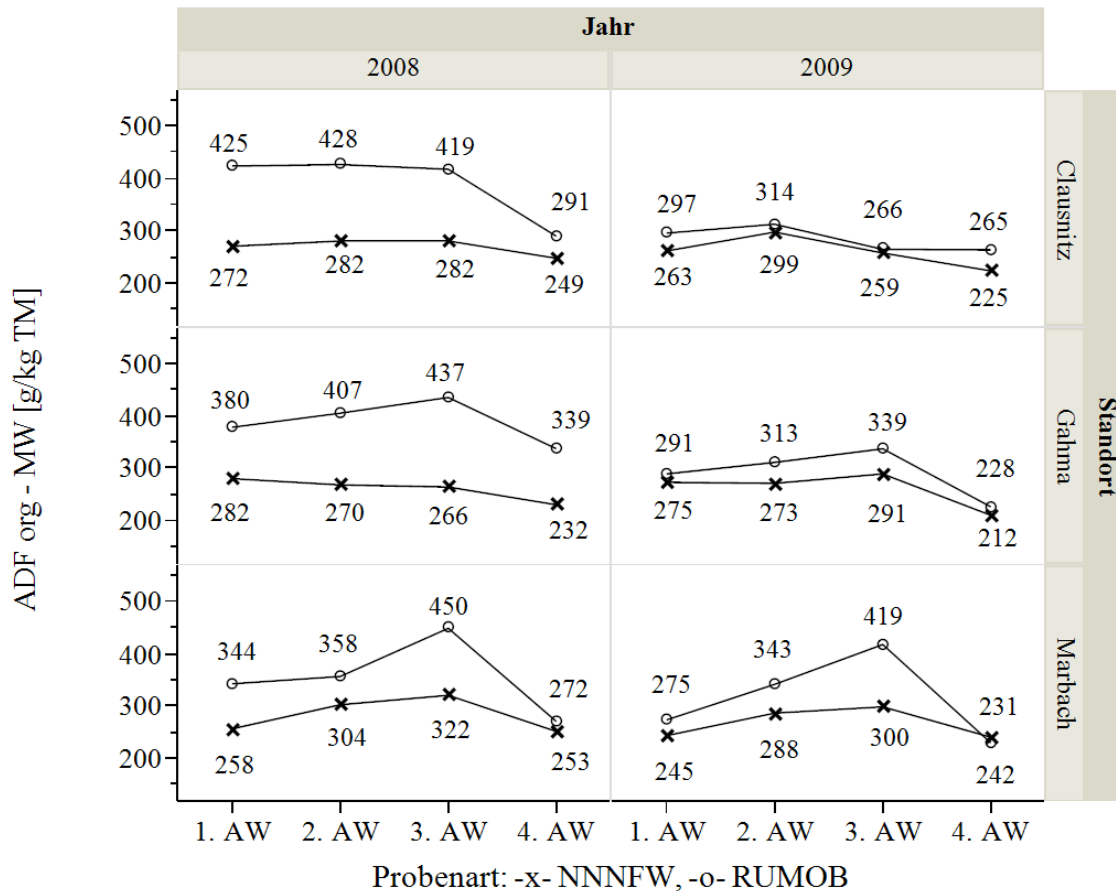
**Tab. 4-9:** Rohfasergehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			XF - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	222 <sub>ab</sub>	161 <sub>c</sub>		
	Gahma	24	210 <sub>b</sub>	174 <sub>c</sub>		
	Marbach	24	230 <sub>a</sub>	173 <sub>c</sub>		
					2,42	n.s.
Jahr	2008	36	227 <sub>a</sub>	180 <sub>b</sub>		
	2009	36	214 <sub>a</sub>	158 <sub>c</sub>		
					5,97	*
Aufwuchs	1. AW	18	221 <sub>b</sub>	152 <sub>d</sub>		
	2. AW	18	229 <sub>ab</sub>	183 <sub>c</sub>		
	3. AW	18	232 <sub>a</sub>	202 <sub>c</sub>		
	4. AW	18	200 <sub>c</sub>	140 <sub>d</sub>		
					28,47	***
Probenart		72	220 <sub>a</sub>	169 <sub>b</sub>	64,61	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Die Mittelwerte der Rohfasergehalte von Ampfer und Gras unterschieden sich hoch signifikant voneinander. Gras hatte einen mittleren XF-Gehalt von 220 g\*kg TM<sup>-1</sup>, Ampfer lag bei 169 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit 23,2 % unter dem von Gras (Tab. 4-9). Zwischen den Standorten differierten die Rohfasergehalte von Ampfer weniger stark als die von Gras. Zwischen Gahma und Marbach bestanden jedoch statistisch gesicherte Unterschiede. Dennoch ging vom Standort, anders als vom Faktor Jahr kein gesicherter Effekt aus. Beim Rohfasergehalt von Gras wurde kein Unterschied zwischen den Jahren gefunden. Der Rohfasergehalt von Ampfer war hingegen jeweils signifikant niedriger und differierte auch zwischen 2008 und 2009. Ein hoch signifikanter Einfluss ging vom Faktor Aufwuchs aus. Beide Pflanzenarten hatten dabei im ersten und vierten Aufwuchs einen niedrigeren Rohfasergehalt als zu den mittleren Erhebungsterminen. Sowohl bei Gras, als auch bei Ampfer stieg der Rohfasergehalt vom ersten zum dritten Aufwuchs kontinuierlich an, um dann mit dem letzten Aufwuchs den jeweils niedrigsten Wert zu erreichen.

## Säure (Acid) Detergentien Faser<sub>org</sub>



**Abb. 4-20:** ADF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Die ADF<sub>org</sub>-Gehalte von Gras lagen in einem Bereich von 212 g\*kg TM<sup>-1</sup> bis 322 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Die entsprechenden Werte für Ampfer lagen mit einer doppelt so großen Spannweite im Bereich von 228 g\*kg TM<sup>-1</sup> bis 450 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Abb. 4-20). Im paarweisen Vergleich lagen die ADF<sub>org</sub>-Gehalte von Ampfer mit Ausnahme vom vierten Aufwuchs 2009 in Marbach (- 4,5 %) immer über denen von Gras. Tendenziell wurden die größten Differenzen dabei zum ersten Aufwuchs 2008 (33 % - 56 %) und zum dritten Aufwuchs des gleichen Jahres (40 % - 64 %) festgestellt. Im Jahr 2009 wurden bei insgesamt niedrigeren Werten auch wesentlich geringere Unterschiede im ADF<sub>org</sub>-Gehalt zwischen Gras und Ampfer beobachtet. Die absolut niedrigsten Werte für beide Jahre wurden übereinstimmend zum letzten Aufwuchs erhoben.

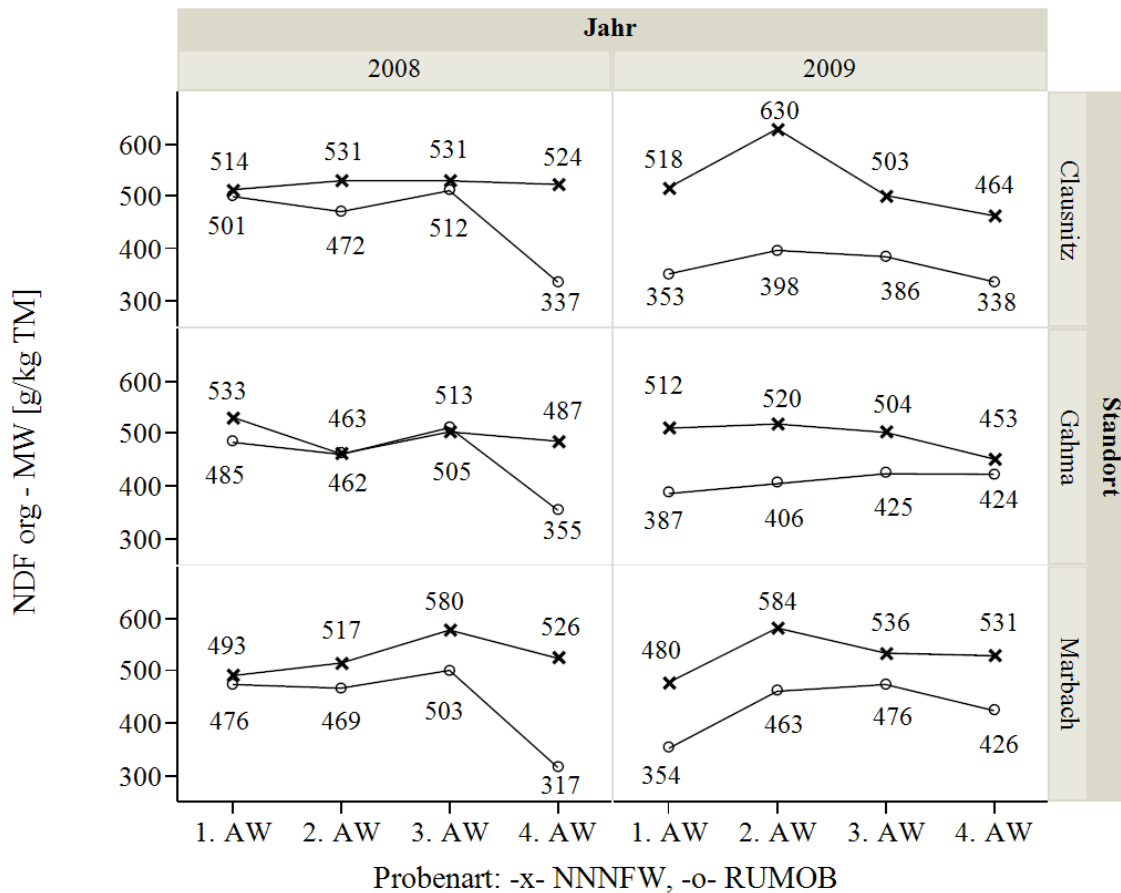
**Tab. 4-10:** ADF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			ADF <sub>org</sub> - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	266 <sub>b</sub>	338 <sub>a</sub>		
	Gahma	24	263 <sub>b</sub>	342 <sub>a</sub>		
	Marbach	24	277 <sub>b</sub>	337 <sub>a</sub>		
					0,35	n.s.
Jahr	2008	36	273 <sub>c</sub>	379 <sub>a</sub>		
	2009	36	264 <sub>c</sub>	299 <sub>b</sub>		
					12,95	***
Aufwuchs	1. AW	18	266 <sub>d</sub>	335 <sub>b</sub>		
	2. AW	18	286 <sub>c</sub>	361 <sub>ab</sub>		
	3. AW	18	287 <sub>c</sub>	398 <sub>a</sub>		
	4. AW	18	235 <sub>e</sub>	271 <sub>cd</sub>		
					46,71	***
Probenart		72	269 <sub>b</sub>	339 <sub>a</sub>	41,39	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Im Mittel aller erhobenen Daten wurde ein hoch signifikanter Unterschied im ADF<sub>org</sub> – Gehalt der Probenarten festgestellt. Gras hatte einen Gehalt von 269 g\*kg TM<sup>-1</sup>, der von Ampfer lag bei 339 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit 26 % über dem von Gras (Tab. 4-10). Zwischen den Standorten wurden keine Unterschiede im ADF<sub>org</sub>–Gehalt von Gras bzw. Ampfer festgestellt. Zwischen den Probenarten lagen wiederum gesicherte Unterschiede vor. Insgesamt ging jedoch vom Standort kein gesicherter Einfluss auf die ADF<sub>org</sub>–Gehalte der Probenarten aus. Im Jahr 2008 lag der ADF<sub>org</sub>–Gehalt von Ampfer um 39 % über dem von Gras, während im darauf folgenden Jahr geringere Unterschiede in Höhe von nur 13 % beobachtet wurden. Aus diesen unterschiedlichen Werten für Ampfer zwischen den Erhebungsjahren wurde ein signifikanter Einfluss des Faktors Jahr berechnet. Einen ebenso starken Einfluss hatte der Faktor Aufwuchs. Die ADF<sub>org</sub>–Werte von Gras stiegen deutlich und statistisch abgesichert vom ersten zum dritten Aufwuchs hin an, um in der Folge unter das Niveau des ersten Aufwuchses zurückzufallen. Die entsprechenden Werte für Ampfer lagen um 26 % im ersten und zweiten, sowie um 35 % im dritten bzw. 15 % im letzten Aufwuchs über denen von Gras.

## Neutrale Detergentien Faser<sub>org</sub>



**Abb. 4-21:** NDF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Für Gras wurde zum Zeitpunkt der Erhebungen ein NDF<sub>org</sub>-Gehalt von 453 g\*kg TM<sup>-1</sup> bis 630 g\*kg TM<sup>-1</sup> ermittelt. Die Werte für Ampfer lagen mit einer ähnlichen Spannweite in einem Bereich von 317 g\*kg TM<sup>-1</sup> bis 513 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Abb. 4-21). Im paarweisen Vergleich lagen die Werte für Ampfer mit Ausnahme des dritten Aufwuchses 2008 in Gahma (+ 1,6 %) mit 0,2 % bis 39,7 % teils deutlich unter denen von Gras. Zum ersten Aufwuchs des Jahres 2008 lagen die NDF<sub>org</sub>-Gehalte von Gras und Ampfer dicht beieinander, während sie im Folgejahr deutlich differierten. Nahezu ausnahmslos sank der NDF<sub>org</sub>-Gehalt von Ampfer vom dritten zum vierten Aufwuchs stark ab, so dass insbesondere in 2008 zu diesem Zeitpunkt sowohl die jeweils niedrigsten Werte als auch der größte Mittelwertunterschied zu Gras beobachtet wurden.

**Tab. 4-11:** NDF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			NDF <sub>org</sub> - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	527 <sub>a</sub>	412 <sub>c</sub>		
	Gahma	24	497 <sub>b</sub>	432 <sub>c</sub>		
	Marbach	24	531 <sub>a</sub>	436 <sub>c</sub>		
					2,23	n.s.
Jahr	2008	36	517 <sub>a</sub>	450 <sub>b</sub>		
	2009	36	520 <sub>a</sub>	403 <sub>c</sub>		
					3,38	n.s.
Aufwuchs	1. AW	18	508 <sub>abc</sub>	426 <sub>e</sub>		
	2. AW	18	541 <sub>a</sub>	445 <sub>de</sub>		
	3. AW	18	527 <sub>ab</sub>	469 <sub>cd</sub>		
	4. AW	18	497 <sub>bc</sub>	366 <sub>f</sub>		
					12,84	**
Probenart		72	518 <sub>a</sub>	427 <sub>b</sub>	60,26	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Im Mittel aller Erhebungen unterschieden sich die Mittelwerte der NDF<sub>org</sub>-Gehalte von Ampfer und Gras hoch signifikant voneinander. Gras hatte einen mittleren Gehalt von 518 g\*kg TM<sup>-1</sup>, der von Ampfer lag bei 427 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit rund 18 % unter dem von Gras (Tab. 4-11). An allen Standorten und in beiden Jahren wurden jeweils signifikante Unterschiede zwischen den Probenarten festgestellt. Darüber hinaus gab es auch gesicherte Unterschiede beim Gras zwischen einzelnen Standorten und bei Ampfer zwischen den Jahren. Dennoch ging von keinem der beiden Faktoren ein gesicherter Einfluss auf die gefundenen Unterschiede der Mittelwerte von Ampfer und Gras aus. Der Faktor Aufwuchs beeinflusste das Gesamtergebnis hingegen sehr signifikant. Bei beiden Probenarten war vom ersten zum zweiten bzw. dritten Aufwuchs ein Anstieg der NDF<sub>org</sub>-Gehalte zu beobachten. Zum letzten Aufwuchs wurden dann mit 497 g\*kg TM<sup>-1</sup> bei Gras und 366 g\*kg TM<sup>-1</sup> bei Ampfer, die jeweils niedrigsten Werte registriert. Innerhalb des Faktors Aufwuchs waren die Unterschiede zwischen den Pflanzenarten in jedem Einzelfall statistisch gesichert.

## Lignin

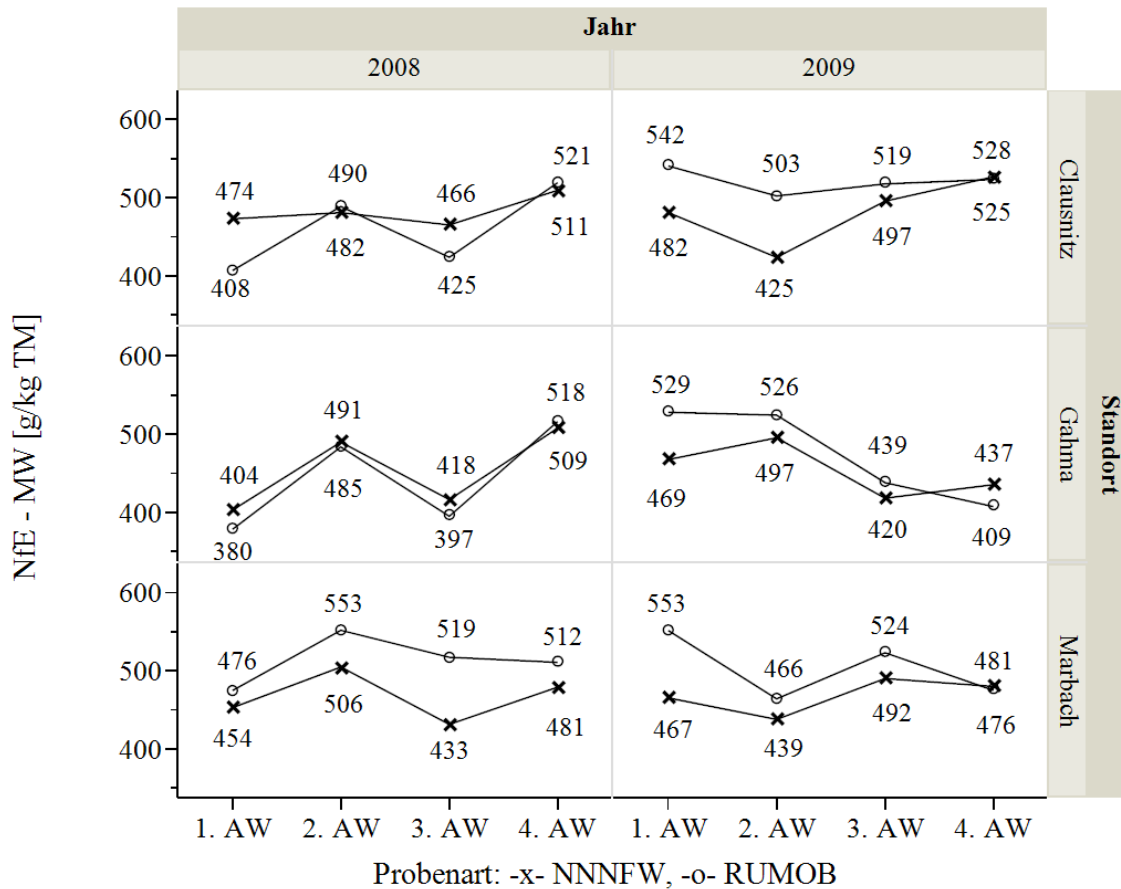
Über alle Erhebungen hinweg unterschieden sich die Mittelwerte des Ligningehaltes von Gras und Ampfer hoch signifikant voneinander. Gras hatte einen mittleren Ligningehalt von  $33 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , der Wert für Ampfer lag bei  $207 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und betrug damit mehr als das 6-fache von Gras (Tab. 4-12). In allen Faktor-Stufen-Kombinationen wurden gesicherte Unterschiede zwischen den Probenarten gefunden. Innerhalb des Faktors Standort unterschieden sich einzelne Ligningehalte von Gras bzw. Ampfer auch zwischen den Standorten. Der Ligningehalt von Gras wies zwischen den Jahren keinen Unterschied auf, während der von Ampfer zwischen 2008 und 2009 gesichert unterschiedlich war. Die Werte von Gras stiegen vom ersten zum zweiten Aufwuchs um 56 % stark an, fielen dann aber über den dritten zum letzten Aufwuchs wieder auf das Ausgangsniveau zurück. Bei Ampfer war im Laufe der Vegetation ein stetiger Rückgang im Ligningehalt zu beobachten. Die Mittelwertunterschiede im Ligningehalt der Probenarten wurden durch keinen der Faktoren Standort, Jahr bzw. Aufwuchs statistisch gesichert beeinflusst.

**Tab. 4-12:** Ligningehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			Lignin - MW [ $\text{g*kg TM}^{-1}$ ]		$\chi^2$	p
	Stufe	n	NNNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	30 <sub>d</sub>	255 <sub>a</sub>		
	Gahma	24	37 <sub>c</sub>	196 <sub>ab</sub>		
	Marbach	24	32 <sub>d</sub>	170 <sub>b</sub>		
					1,89	n.s.
Jahr	2008	36	33 <sub>c</sub>	245 <sub>a</sub>		
	2009	36	33 <sub>c</sub>	169 <sub>b</sub>		
					2,23	n.s.
Aufwuchs	1. AW	18	28 <sub>f</sub>	248 <sub>a</sub>		
	2. AW	18	43 <sub>d</sub>	233 <sub>ab</sub>		
	3. AW	18	33 <sub>e</sub>	185 <sub>bc</sub>		
	4. AW	18	27 <sub>f</sub>	161 <sub>c</sub>		
					5,64	n.s.
Probenart		72	33 <sub>b</sub>	207 <sub>a</sub>	107,26	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

## N-freie Extraktstoffe



**Abb. 4-22:** NfE-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Die Gehalte an N-freien Extraktstoffen von Gras lagen in einem Bereich von  $404 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  bis  $528 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ , die von Ampfer lagen zwischen  $380 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  und  $553 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  (Abb. 4-22). Im ersten Aufwuchs 2008 hatte Gras in Clausnitz einen deutlich höheren NfE-Gehalt als Ampfer. In Gahma bzw. Marbach lagen die entsprechenden Werte eng beieinander. Im genannten Jahr wurden bei beiden Probenarten tendenziell steigende NfE-Werte beobachtet, wobei nur in Marbach eine klare Differenzierung mit höheren Gehalten bei Ampfer erkennbar war. Im Jahr 2009 hatte Ampfer an allen Standorten zum ersten Aufwuchs einen signifikant höheren NfE-Gehalt als Gras. Im Laufe des Jahres kam es in Clausnitz zu einem geringen und in Gahma und Marbach zu einem starken Rückgang der Gehalte wohingegen die Werte bei Gras im Mittel nahezu unverändert blieben.



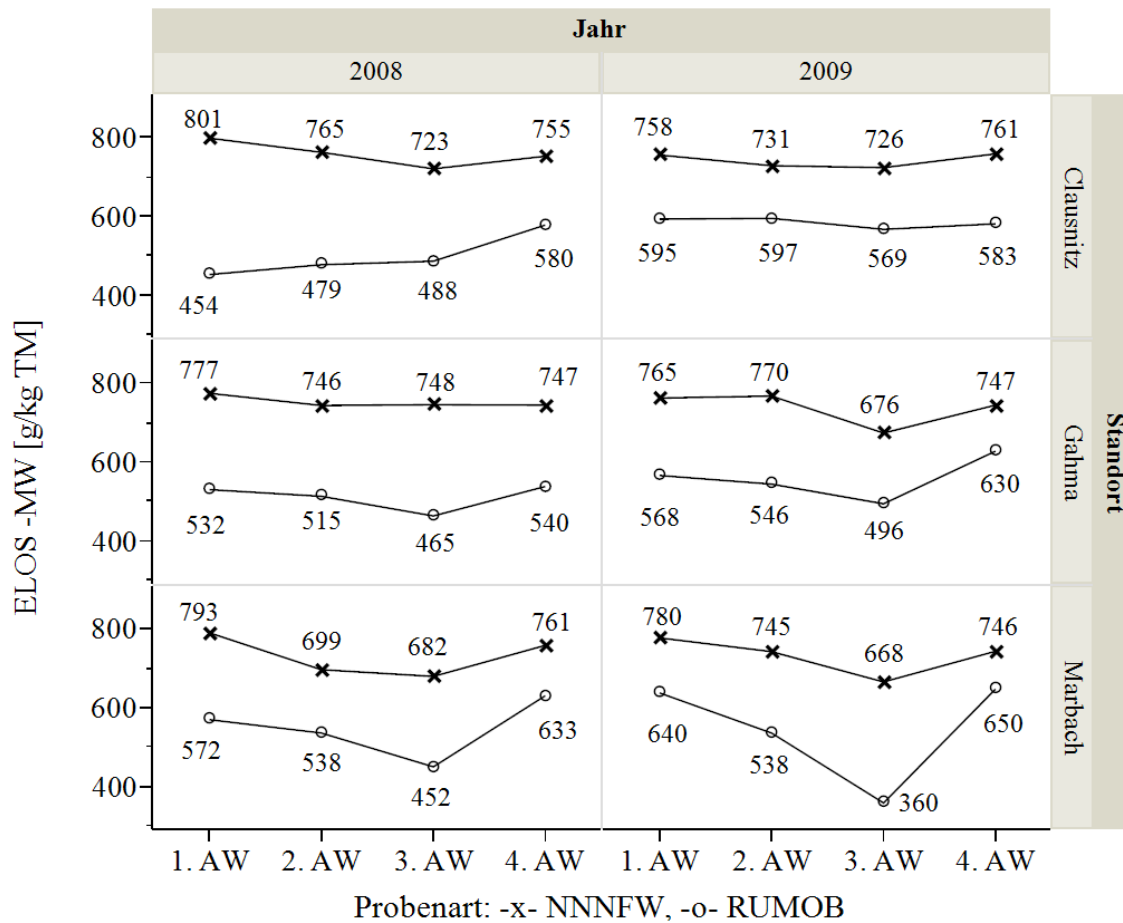
**Tab. 4-13:** NfE-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			NfE - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	483 <sub>b</sub>	492 <sub>ab</sub>	10,74	**
	Gahma	24	456 <sub>c</sub>	460 <sub>bc</sub>		
	Marbach	24	469 <sub>bc</sub>	510 <sub>a</sub>		
					10,74	**
Jahr	2008	36	469 <sub>b</sub>	474 <sub>ab</sub>	2,10	n.s.
	2009	36	469 <sub>b</sub>	501 <sub>a</sub>		
					2,10	n.s.
Aufwuchs	1. AW	18	458 <sub>b</sub>	481 <sub>ab</sub>	9,99	*
	2. AW	18	473 <sub>ab</sub>	504 <sub>a</sub>		
	3. AW	18	454 <sub>b</sub>	471 <sub>ab</sub>		
	4. AW	18	491 <sub>a</sub>	493 <sub>a</sub>		
					9,99	*
Probenart		72	469 <sub>b</sub>	487 <sub>a</sub>	8,17	**

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Im Mittel aller erhobenen Daten wurde ein deutlich signifikanter Unterschied im NfE-Gehalt der Probenarten festgestellt. Gras hatte einen Gehalt von 469 g\*kg TM<sup>-1</sup>, Ampfer von 487 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit lag dieser um 3,8 % über dem von Gras (Tab. 4-13). Die Werte von Gras unterschieden sich darüber hinaus signifikant zwischen den Standorten Clausnitz und Gahma. Bei Ampfer wurden zwischen Gahma und Marbach ebenfalls nachweisbare Unterschiede gefunden. Gleichzeitig konnten die Unterschiede zwischen den Probenarten jedoch nur in Marbach abgesichert werden. Der Faktor Standort übte einen sehr signifikanten Effekt aus. Der Faktor Jahr hatte hingegen keinen gesicherten Einfluss auf die Mittelwertunterschiede zwischen Gras und Ampfer. Keine signifikanten Unterschiede wurden bei Betrachtung der einzelnen Aufwüchse zwischen den Probenarten festgestellt. Die Ergebnisse der Werte für Ampfer unterschieden sich ebenfalls nicht maßgeblich voneinander, während bei der Probenart Gras zwischen dem ersten und dem letzten Aufwuchs mit einem Unterschied von 33 g\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. von 7 % ein signifikant höherer NfE-Wert analysiert wurde. Nachweisbare Unterschiede im NfE-Gehalt des Grases gab es ebenso zwischen dem vorletzten und letzten Aufwuchs.

## Enzymlösliche organische Substanz



**Abb. 4-23:** In-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Die Werte der in-vitro-Verdaulichkeit von Gras lagen in einem Bereich von  $668 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $801 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Für Ampfer wurden Werte mit einer mehr als doppelt so großen Spannweite von  $360 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bis  $650 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gefunden (Abb. 4-23). Tendenziell verringerte sich die Verdaulichkeit beider Probenarten vom ersten zum dritten Aufwuchs und stieg zum letzten Aufwuchs hin teils sehr stark wieder an. Bei Ampfer wurden dabei mehrheitlich Werte über dem Niveau des ersten Aufwuchses registriert. Im paarweisen Vergleich der Probenarten lag die in-vitro-Verdaulichkeit von Ampfer im Bereich von 13 % bis 46 % unter der von Gras, beide Extremwerte wurden 2009 in Marbach beobachtet. Gemittelt über die Aufwüchse eines Jahres waren die gefundenen Mittelwertunterschiede zwischen Gras und Ampfer für jede Standort-Jahr-Kombination hoch signifikant.

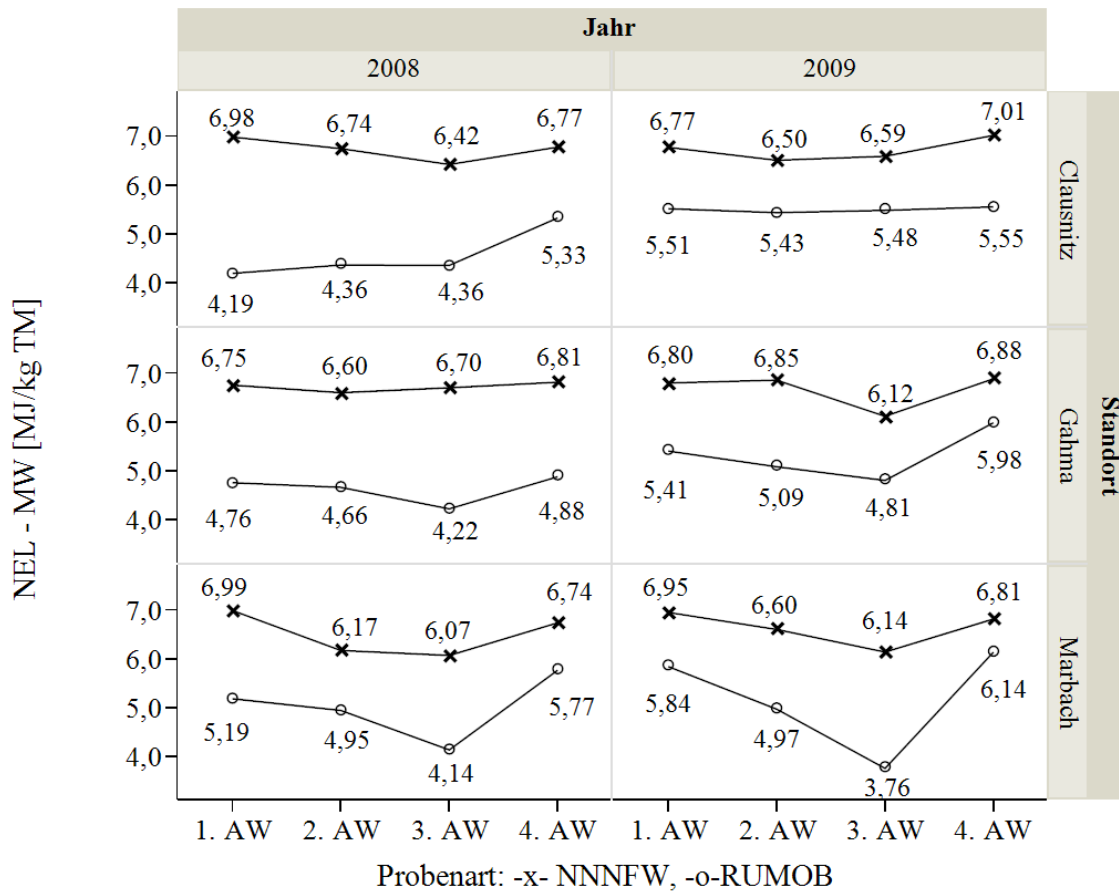
**Tab. 4-14:** In-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			ELOS - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	753 <sub>a</sub>	543 <sub>b</sub>		
	Gahma	24	747 <sub>a</sub>	537 <sub>b</sub>		
	Marbach	24	734 <sub>a</sub>	548 <sub>b</sub>		
					0,04	n.s.
Jahr	2008	36	750 <sub>a</sub>	521 <sub>c</sub>		
	2009	36	740 <sub>a</sub>	544 <sub>b</sub>		
					0,55	n.s.
Aufwuchs	1. AW	18	779 <sub>a</sub>	560 <sub>de</sub>		
	2. AW	18	743 <sub>b</sub>	536 <sub>e</sub>		
	3. AW	18	704 <sub>c</sub>	472 <sub>f</sub>		
	4. AW	18	753 <sub>b</sub>	603 <sub>d</sub>		
					15,21	**
Probenart		72	745 <sub>a</sub>	543 <sub>b</sub>	106,11	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Für Gras wurde ein mittlerer ELOS-Wert von 745 g\*kg TM<sup>-1</sup> ermittelt, der von Ampfer lag bei 543 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit rund 27 % unter dem von Gras (Tab. 4-14). Die Unterschiede der in-vitro-Verdaulichkeit beider Probenarten waren hoch signifikant. Weder über die Standorte noch über die Jahre wiesen die Werte innerhalb der Probenart Gras Unterschiede auf. Die ELOS-Werte von Ampfer waren zwischen den Standorten ausgeglichen aber unterschiedlich zwischen den Erhebungsjahren. Bei beiden Faktoren waren auf jeder Stufe gesicherte Unterschiede zwischen Gras und Ampfer nachweisbar. Anders als bei den Faktoren Standort und Jahr ging vom Faktor Aufwuchs ein signifikanter Gesamteinfluss aus. Unterschiede zwischen den Probenarten auf Basis der Aufwüchse waren dabei kombiniert mit teils ebenfalls gesicherten Unterschieden zwischen den Aufwüchsen auf Basis der Probenarten. Sowohl bei Gras als auch bei Ampfer sank die in-vitro-Verdaulichkeit vom ersten zum dritten Aufwuchs kontinuierlich und statistisch gesichert ab, um im letzten Aufwuchs wieder deutlich anzusteigen. Bei Ampfer wurde dabei ein um 8 % höherer Wert als im ersten Aufwuchs festgestellt, wohingegen bei Gras die Verdaulichkeit des letzten Aufwuchses um rund 3% unter der des ersten Aufwuchses lag.

## Netto-Energie-Laktation



**Abb. 4-24:** Energiedichte von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3

Im Laufe beider Erhebungsjahre wurden Energiedichten bei Gras von 6,07 MJ NEL bis 7,01 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> festgestellt. Die höchsten Werte wurden dabei jeweils für den ersten und letzten Aufwuchs berechnet. Die Werte von Ampfer wiesen eine wesentlich größere Spannweite von 3,76 MJ NEL bis 6,14 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> auf (Abb. 4-24). Im paarweisen Vergleich lagen die Werte von Ampfer immer deutlich unter denen von Gras. Die Differenzen reichten dabei von minus 9,9 % oder 0,7 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> in Marbach, 2009, letzter Aufwuchs bis maximal minus 40 % oder 2,8 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> in Clausnitz, 2008, erster Aufwuchs. Ähnlich große Unterschiede wurden aber auch zu anderen Schnitzeitpunkten beobachtet (z.B. Gahma, 2008, dritter Aufwuchs oder Marbach, 2009, dritter Aufwuchs).

**Tab. 4-15:** Energiedichte von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart

Faktor			NEL - MW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]		x <sup>2</sup>	p
	Stufe	n	NNFW	RUMOB		
Standort	Clausnitz	24	6,72 <sub>a</sub>	5,03 <sub>cd</sub>		
	Gahma	24	6,69 <sub>ab</sub>	4,98 <sub>e</sub>		
	Marbach	24	6,56 <sub>b</sub>	5,10 <sub>c</sub>		
					0,10	n.s.
Jahr	2008	36	6,64 <sub>a</sub>	4,73 <sub>c</sub>		
	2009	36	6,67 <sub>a</sub>	5,33 <sub>b</sub>		
					2,74	n.s.
Aufwuchs	1. AW	18	6,87 <sub>a</sub>	5,15 <sub>e</sub>		
	2. AW	18	6,58 <sub>b</sub>	4,91 <sub>f</sub>		
	3. AW	18	6,34 <sub>c</sub>	4,46 <sub>g</sub>		
	4. AW	18	6,84 <sub>a</sub>	5,61 <sub>d</sub>		
					16,30	***
Probenart		72	6,66 <sub>a</sub>	5,03 <sub>b</sub>	104,46	***

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )  
p (Signifikanz der Faktoren)

Die Mittelwerte der Energiedichten von Gras und Ampfer wiesen hoch signifikante Unterschiede auf. Für Gras wurde ein Wert von 6,66 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> und für Ampfer von 5,03 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> berechnet (Tab. 4-15), die Differenz betrug im Mittel 1,63 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 24,5 %. Zwischen den Standorten gab es bei beiden Probenarten geringe, aber dennoch gesicherte Unterschiede. Die höchsten Energiedichten für Gras wurden in Clausnitz, die niedrigsten in Marbach gefunden, während in Gahma die niedrigsten Werte für Ampfer zu verzeichnen waren. Trotz dieser Unterschiede war der Standorteinfluss von untergeordneter Bedeutung. Die Energiedichte differierte zwischen Gras und Ampfer in 2008 um 29 % und in 2009 um 20 %. Auch der Faktor Jahr beeinflusste die festgestellten Unterschiede zwischen den Probenarten nicht. Ein hoch signifikanter Einfluss war jedoch bei den Aufwüchsen zu beobachten. Vom ersten zum dritten Aufwuchs sanken die Energiedichten beider Fraktionen jeweils schrittweise signifikant ab. Gleichzeitig stiegen die Differenzen zwischen Gras und Ampfer von 25,0 % auf 29,6 % an. Im letzten Aufwuchs wurden bei beiden Probenarten wieder stark steigende Energiedichten beobachtet, die Differenz schrumpfte dabei aber auf 18,0 %.

#### **4.1.4 Mineralstoffe und Spurenelemente**

##### **Kalzium**

Über alle Erhebungen hinweg wurden mittlere Kalziumgehalte für Gras von  $5,2 \text{ g*kg TM}^{-1}$  berechnet. Die Gehalte von Ampfer lagen bei  $5,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit rund 13 % über denen von Gras. Aus statistischer Sicht wurde dennoch kein Unterschied zwischen beiden Werten festgestellt (Tab. 4-16). Die Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf die Mittelwertunterschiede der Kalziumgehalte der Probenarten. Zwischen den Standorten waren die Kalziumgehalte von Ampfer ausgeglichen, während bei Gras in Clausnitz rund 14 % geringere Gehalte als in Gahma und Marbach beobachtet wurden. Sowohl bei Gras als auch bei Ampfer wurden die niedrigsten Werte im jeweils ersten Aufwuchs ermittelt. Der Kalziumgehalt von Gras lag im ersten Aufwuchs bei  $4,3 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und stieg signifikant um auf  $5,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$  im letzten Aufwuchs an. Der entsprechende Wert für Ampfer lag im ersten Aufwuchs bei  $5,0 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und stieg ebenfalls signifikant auf  $6,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$  im dritten Aufwuchs an.

##### **Phosphor**

Die mittleren Phosphorgehalte von Gras und Ampfer lagen bei  $3,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bzw.  $3,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Bei einer nur geringen Anpassungsgüte des varianzanalytischen Modells wiesen die beiden Probenarten im mittleren Phosphorgehalt keine Unterschiede auf (Tab. 4-16). Die Faktoren Standort und Jahr hatten keinen Einfluss auf die genannten geringen Mittelwertunterschiede, darüber hinaus wurden auch keine Unterschiede zwischen den entsprechenden Stufen beider Faktoren gefunden. Mit einheitlich  $4,3 \text{ g*kg TM}^{-1}$  wurde bei Gras und Ampfer der höchste Phosphorgehalt jeweils im ersten Aufwuchs beobachtet. In beiden Probenarten sanken diese Werte bis zum letzten Aufwuchs auf ein signifikant niedrigeres Niveau, daraus ergab sich ein gesicherter Einfluss des Faktors Aufwuchs. Innerhalb jedes Aufwuchses wiesen die Phosphorgehalte von Gras und Ampfer jedoch keine gesicherten Unterschiede auf.

**Tab. 4-16:** Kalzium- und Phosphorgehalt von Gras und Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			Ca - KQMW ( $r^2 = 0,59$ )			P - KQMW ( $r^2 = 0,31$ )		
	Stufe	n	NNFW	RUMOB	p	NNFW	RUMOB	p
Standort	Clausnitz	24	4,7 <sub>b</sub>	6,2 <sub>a</sub>	n.s.	4,0	3,9	n.s.
	Gahma	24	5,5 <sub>a</sub>	5,8 <sub>ab</sub>		3,8	3,8	
	Marbach	24	5,4 <sub>a</sub>	5,7 <sub>ab</sub>		3,9	3,8	
Jahr	2008	36	5,1	5,6	n.s.	3,9	3,9	n.s.
	2009	36	5,3	6,1		4,0	3,7	
Aufwuchs	1. AW	18	4,3 <sub>de</sub>	5,0 <sub>cde</sub>	n.s.	4,3 <sub>a</sub>	4,3 <sub>ab</sub>	*
	2. AW	18	5,1 <sub>abc</sub>	5,6 <sub>bcde</sub>		3,8 <sub>bcde</sub>	3,7 <sub>cde</sub>	
	3. AW	18	5,7 <sub>abc</sub>	6,6 <sub>a</sub>		4,1 <sub>abc</sub>	3,9 <sub>abcd</sub>	
	4. AW	18	5,8 <sub>abc</sub>	6,5 <sub>abcd</sub>		3,5 <sub>de</sub>	3,4 <sub>e</sub>	
Probenart		72	5,2	5,9	n.s.	3,9	3,8	n.s.

Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## Magnesium

Bei Gras wurde über alle Erhebungen ein mittlerer Mg-Gehalt von  $2,0 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  festgestellt. Ampfer hatte mit  $4,6 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  einen signifikant mehr als doppelt so hohen Gehalt an Magnesium (Tab. 4-17). Die gesicherten Mittelwertunterschiede zwischen den Probenarten waren auch an allen Standorten, im Erhebungsjahr 2008 und bei allen Aufwüchsen nachweisbar. Bei standortspezifischer Betrachtung zeigten sich erhöhte Magnesiumgehalte von Gras in Gahma und niedrigere Gehalte des Ampfers in Marbach. Mit Fortschreiten der Vegetation nahm der Magnesiumgehalt beider Probenarten deutlich zu. Vom ersten zum letzten Aufwuchs stieg bei Gras der mittlere Gehalt von  $1,6 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  auf  $2,2 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  und bei Ampfer von  $4,2 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  auf  $5,6 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ . Die Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs übten keinen gesicherten Einfluss auf die Mittelwertunterschiede im Magnesiumgehalt beider Probenarten aus.

## Kalium

Für Gras wurde ein mittlerer Kaliumgehalt von  $31 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  festgestellt. Ampfer hatte mit  $38 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  einen signifikant höheren Gehalt als Gras (Tab. 4-17). Die Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs hatten keinen nachweisbaren Einfluss auf die genannten Mittelwertunterschiede. Bei Gras wurden die höchsten Kaliumgehalte mit  $34 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  und bei Ampfer mit  $43 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  in Gahma beobachtet. Dabei konnten aber weder in

Gahma noch an den beiden anderen Standorten gesicherte Unterschiede im Kaliumgehalt der Probenarten festgestellt werden. Im ersten und auch im letzten Aufwuchs wurden dagegen signifikant höhere Kaliumgehalte von Ampfer gegenüber Gras nachgewiesen. In den beiden mittleren Aufwüchsen waren die ebenfalls höheren Kaliumgehalte von Ampfer jedoch nicht absicherbar.

**Tab. 4-17:** Magnesium- und Kaliumgehalt von Gras und Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			Mg - KQMW ( $r^2 = 0,94$ )			K - KQMW ( $r^2 = 0,71$ )		
	Stufe	n	NNFW	RUMOB	p	NNFW	RUMOB	p
Standort	Clausnitz	24	1,9 <sub>d</sub>	4,9 <sub>a</sub>	n.s.	29 <sub>c</sub>	37 <sub>bc</sub>	n.s.
	Gahma	24	2,2 <sub>c</sub>	4,9 <sub>a</sub>		34 <sub>ab</sub>	43 <sub>a</sub>	
	Marbach	24	1,8 <sub>d</sub>	4,0 <sub>b</sub>		29 <sub>c</sub>	35 <sub>bc</sub>	
Jahr	2008	36	1,9 <sub>c</sub>	4,6 <sub>a</sub>	n.s.	32	39	n.s.
	2009	36	2,0 <sub>bc</sub>	4,5 <sub>ab</sub>		29	38	
Aufwuchs	1. AW	18	1,6 <sub>f</sub>	4,2 <sub>bc</sub>	n.s.	35 <sub>bcd</sub>	43 <sub>a</sub>	n.s.
	2. AW	18	1,9 <sub>e</sub>	3,9 <sub>c</sub>		30 <sub>ef</sub>	33 <sub>de</sub>	
	3. AW	18	2,2 <sub>d</sub>	4,6 <sub>b</sub>		32 <sub>cde</sub>	37 <sub>bc</sub>	
	4. AW	18	2,2 <sub>d</sub>	5,6 <sub>a</sub>		26 <sub>f</sub>	40 <sub>ab</sub>	
Probenart		72	2,0 <sub>b</sub>	4,6 <sub>a</sub>	***	31 <sub>b</sub>	38 <sub>a</sub>	*

Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## Natrium

Der mittlere Natriumgehalt von Gras betrug  $0,9 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ , der Wert von Ampfer lag bei  $0,3 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  und damit sehr signifikant unter dem von Gras (Tab. 4-18). Der Unterschied im Natriumgehalt der Probenarten konnte ebenso in allen Faktor-Stufen-Kombinationen nachgewiesen werden. Die Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs übten aus statistischer Sicht hingegen keinen Einfluss auf die Mittelwertunterschiede der Probenarten aus. In Marbach wurde im Mittel beider Jahre mit  $1,5 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  der höchste Natriumgehalt von Gras und mit  $0,4 \text{ g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  auch der höchste Gehalt von Ampfer beobachtet. Beide Werte lagen gesichert über denen der anderen Standorte. Innerhalb der Probenarten gab es zwischen den Erhebungsjahren keine Unterschiede. Sowohl bei Gras als auch bei Ampfer kam es vom jeweils ersten zum jeweils letzten Aufwuchs zu einem deutlichen Anstieg im Natriumgehalt.



**Tab. 4-18:** Natrium- und Chlorgehalt von Gras und Ampfer [g\*kg TM<sup>-1</sup>] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation (Na); Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			Na - KQMW ( $r^2 = 0,82$ )			Cl - KQMW ( $r^2 = 0,39$ )		
	Stufe	n	NNFW	RUMOB	p	NNFW	RUMOB	p
Standort	Clausnitz	24	0,7 <sub>b</sub>	0,2 <sub>d</sub>	n.s.	6,4 <sub>bc</sub>	8,1 <sub>ab</sub>	n.s.
	Gahma	24	0,7 <sub>b</sub>	0,3 <sub>c</sub>		7,9 <sub>a</sub>	8,1 <sub>ab</sub>	
	Marbach	24	1,5 <sub>a</sub>	0,4 <sub>b</sub>		5,2 <sub>c</sub>	7,7 <sub>abc</sub>	
Jahr	2008	36	0,9 <sub>a</sub>	0,2 <sub>c</sub>	n.s.	6,8	7,6	n.s.
	2009	36	0,9 <sub>ab</sub>	0,3 <sub>c</sub>		6,1	8,4	
Aufwuchs	1. AW	18	0,7 <sub>b</sub>	0,2 <sub>cd</sub>	n.s.	5,1 <sub>b</sub>	7,5 <sub>ab</sub>	n.s.
	2. AW	18	0,9 <sub>ab</sub>	0,2 <sub>d</sub>		6,7 <sub>ab</sub>	7,2 <sub>ab</sub>	
	3. AW	18	0,9 <sub>ab</sub>	0,3 <sub>c</sub>		7,7 <sub>a</sub>	8,8 <sub>ab</sub>	
	4. AW	18	1,2 <sub>a</sub>	0,4 <sub>b</sub>		6,4 <sub>ab</sub>	8,3 <sub>ab</sub>	
Probenart		72	0,9 <sub>a</sub>	0,3 <sub>b</sub>	**	6,5	8,0	n.s.

Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## Chlor

Über alle Erhebungen hinweg ergab sich für den Chlorgehalt von Gras ein Mittelwert von 6,5 g\*kg TM<sup>-1</sup>, der entsprechende Wert für Ampfer lag bei 8,0 g\*kg TM<sup>-1</sup> und somit 23 % über dem von Gras Tab. (4-18). Bei einer nur geringen Anpassungsgüte des varianzanalytischen Modells war diese Differenz statistisch jedoch absicherbar. Die auf Basis der Faktor-Stufen-Kombinationen gefundenen Unterschiede im Chlorgehalt der Probenarten waren ebenfalls nicht nachweisbar. Die Chlorgehalte von Ampfer zeigten zwischen den Aufwüchsen keine Unterschiede, während die Gehalte von Gras mit 5,1 g\*kg TM<sup>-1</sup> im ersten Aufwuchs und 7,7 g\*kg TM<sup>-1</sup> im dritten Aufwuchs deutlich differierten. Die Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs hatten keinen nennenswerten Einfluss auf den Chlorgehalt der Probenarten.

## Schwefel

Im Rahmen der Felderhebungen wurde für Gras mit 2,6 g\*kg TM<sup>-1</sup> und für Ampfer mit 2,4 g\*kg TM<sup>-1</sup> ein annähernd gleicher mittlerer Schwefelgehalt festgestellt (Tab. 4-19). Die Faktoren Standort und Jahr hatten dabei keinen Einfluss auf die genannten geringen Mittelwertunterschiede der Probenarten. Die auf Basis der jeweiligen Faktor-Stufen-Kombinationen beobachteten Unterschiede zwischen Gras und Ampfer waren in keinem

Fall nachweisbar. Die Grasproben der ersten und zweiten Aufwüchse hatten einen signifikant niedrigeren Schwefelgehalt als die der beiden folgenden Aufwüchse. Bei Ampfer zeigten sich die höchsten Schwefelgehalte im ersten Aufwuchs, aus statistischer Sicht unterschieden sich diese von den Schwefelgehalten im zweiten und dritten Aufwuchs. Auch der Faktor Aufwuchs übte keinen gesicherten Einfluss auf den Schwefelgehalt der Gras- bzw. Ampferproben aus.

**Tab. 4-19:** Schwefelgehalt [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] und Futter-Kationen-Anionen-Differenz [ $\text{mEq} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			S - KQMW ( $r^2 = 0,44$ )			DCAB - KQMW ( $r^2 = 0,67$ )		
	Stufe	n	NNFW	RUMOB	p	NNFW	RUMOB	p
Standort	Clausnitz	24	2,5	2,5	n.s.	435 <sub>c</sub>	585 <sub>bc</sub>	n.s.
	Gahma	24	2,5	2,6		530 <sub>ab</sub>	730 <sub>a</sub>	
	Marbach	24	2,8	2,1		498 <sub>abc</sub>	555 <sub>bc</sub>	
Jahr	2008	36	2,5	2,5	n.s.	513	647	n.s.
	2009	36	2,7	2,3		462	600	
Aufwuchs	1. AW	18	2,3 <sub>cd</sub>	2,7 <sub>a c</sub>	n.s.	641 <sub>abc</sub>	721 <sub>a</sub>	n.s.
	2. AW	18	2,4 <sub>cd</sub>	2,1 <sub>b d</sub>		464 <sub>de</sub>	536 <sub>c e</sub>	
	3. AW	18	2,8 <sub>ab</sub>	2,3 <sub>b d</sub>		460 <sub>de</sub>	582 <sub>bcde</sub>	
	4. AW	18	2,8 <sub>ab</sub>	2,4 <sub>abcd</sub>		385 <sub>de</sub>	654 <sub>ab d</sub>	
Probenart		72	2,6	2,4	n.s.	488	623	n.s.

Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

### Futter-Kationen-Anionen-Differenz

Der Mittelwert der DCAB von Gras lag bei  $488 \text{ mEq} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ , für Ampfer wurde mit  $623 \text{ mEq} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  ein um 28 % höherer Wert berechnet (Tab. 4-19). Bei der gegebenen mittleren Anpassungsgüte des varianzanalytischen Modells konnte diese Differenz statistisch jedoch nicht abgesichert werden. Die Wirkung der Faktoren Standort, Jahr und Aufwuchs blieb ebenfalls ohne Einfluss auf die Futter-Kationen-Anionen-Differenz von Gras bzw. Ampfer. Für beide Probenarten wurden die höchsten Werte in Gahma beobachtet, dabei war der Wert von Ampfer gegenüber den Standorten Clausnitz und Marbach signifikant erhöht. Gesicherte Unterschiede innerhalb der Gras bzw. Ampferproben wurden auch zwischen den Aufwüchsen registriert. Bei beiden Probenarten wurden dabei die höchsten Werte im jeweils ersten Aufwuchs festgestellt.

## Kupfer

Der mittlere Kupfergehalt von Gras lag bei  $8,4 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  während für Ampfer mit  $7,0 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  ein um 17 % geringerer Wert festgestellt wurde (Tab. 4-20). Bei einer nur geringen Anpassungsgüte des ANOVA-Modells waren diese Unterschiede nicht absicherbar. Ebenso wenig konnten signifikante Einflüsse der Faktoren Standort, Jahr oder Aufwuchs auf die Kupfergehalte der Probenarten nachgewiesen werden. Auch innerhalb der Faktoren Jahr bzw. Aufwuchs gab es keine Unterschiede zwischen Gras und Ampfer. In Marbach wurde bei Ampfer mit einem Kupfergehalt von  $6,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ein signifikant geringerer Wert als bei Gras mit einem Gehalt von  $8,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$  nachgewiesen. An den beiden anderen Standorten war die Differenz beider Werte geringer und statistisch nicht gesichert.

**Tab. 4-20:** Kupfer- und Eisengehalt von Gras und Ampfer [ $\text{mg*kg TM}^{-1}$ ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			Cu - KQMW ( $r^2 = 0,33$ )			Fe – KQMW ( $r^2 = 0,36$ )		
	Stufe	n	NNNFW	RUMOB	p	NNNFW	RUMOB	p
Standort	Clausnitz	24	8,3 <sub>ab</sub>	7,0 <sub>ab</sub>	n.s.	169	120	*
	Gahma	24	8,3 <sub>ab</sub>	7,1 <sub>ab</sub>		198	136	
	Marbach	24	8,6 <sub>a</sub>	6,8 <sub>b</sub>		200	82	
Jahr	2008	36	8,7	7,3	n.s.	209 <sub>a</sub>	119 <sub>ab</sub>	n.s.
	2009	36	8,1	6,7		170 <sub>ab</sub>	102 <sub>b</sub>	
Aufwuchs	1. AW	18	8,7	7,1	n.s.	208 <sub>a</sub>	121 <sub>ab</sub>	*
	2. AW	18	8,2	6,8		137 <sub>ab</sub>	80 <sub>b</sub>	
	3. AW	18	8,4	7,2		196 <sub>ab</sub>	115 <sub>ab</sub>	
	4. AW	18	8,3	6,9		226 <sub>a</sub>	132 <sub>ab</sub>	
Probenart		72	8,4	7,0	n.s.	188	110	n.s.

Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## Eisen

Bei einer ebenfalls nur geringen Güte des varianzanalytischen Modells konnte die zahlenmäßig große Differenz im Eisengehalt beider Probenarten nicht abgesichert werden. Für Ampfer wurde mit einem Gehalt von  $110 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  ein um rund 40 % niedrigerer Wert als für Gras mit  $188 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  attestiert (Tab. 4-20). Für die Faktoren Standort und Aufwuchs wurden signifikante Einflüsse auf die Mittelwertunterschiede im Eisengehalt der Probenarten ausgewiesen. Bei Betrachtung der entsprechenden Fak-

tor-Stufen-Kombinationen konnten jedoch keine Unterschiede im Eisengehalt zwischen Gras und Ampfer festgestellt werden.

## Mangan

Der mittlere Mangangehalt von Ampfer lag bei  $72 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  und damit 27 % über dem von Gras mit  $57 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  (Tab. 4-21). Bei einer mittleren bis hohen Güte des ANOVA-Modells konnten diese Unterschiede statistisch jedoch nicht abgesichert werden. Bei beiden Probenarten wurden die signifikant höchsten Mangangehalte in Marbach festgestellt, dies führte zu einem nachgewiesenen Effekt des Faktors Standort. Die Faktoren Jahr bzw. Aufwuchs hatten keinen Einfluss auf den Mangangehalt von Gras bzw. Ampfer.

**Tab. 4-21:** Mangan- und Zinkgehalt von Gras und Ampfer [ $\text{mg*kg TM}^{-1}$ ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			Mn - KQMW ( $r^2 = 0,68$ )			Zn - KQMW ( $r^2 = 0,44$ )		
	Stufe	n	NNNFW	RUMOB	p	NNNFW	RUMOB	p
Standort	Clausnitz	24	46 <sub>c</sub>	64 <sub>bc</sub>	*	33	33	n.s.
	Gahma	24	50 <sub>c</sub>	60 <sub>bc</sub>		31	35	
	Marbach	24	80 <sub>ab</sub>	100 <sub>a</sub>		34	34	
Jahr	2008	36	60	73	n.s.	33 <sub>ab</sub>	30 <sub>b</sub>	n.s.
	2009	36	54	72		33 <sub>ab</sub>	38 <sub>a</sub>	
Aufwuchs	1. AW	18	52 <sub>bc</sub>	65 <sub>bc</sub>	n.s.	33 <sub>abc</sub>	28 <sub>bc</sub>	n.s.
	2. AW	18	56 <sub>abc</sub>	62 <sub>c</sub>		32 <sub>abc</sub>	27 <sub>c</sub>	
	3. AW	18	59 <sub>abc</sub>	78 <sub>ab</sub>		34 <sub>abc</sub>	35 <sub>b</sub>	
	4. AW	18	62 <sub>abc</sub>	89 <sub>a</sub>		33 <sub>abc</sub>	52 <sub>a</sub>	
Probenart		72	57	72	n.s.	33	34	n.s.

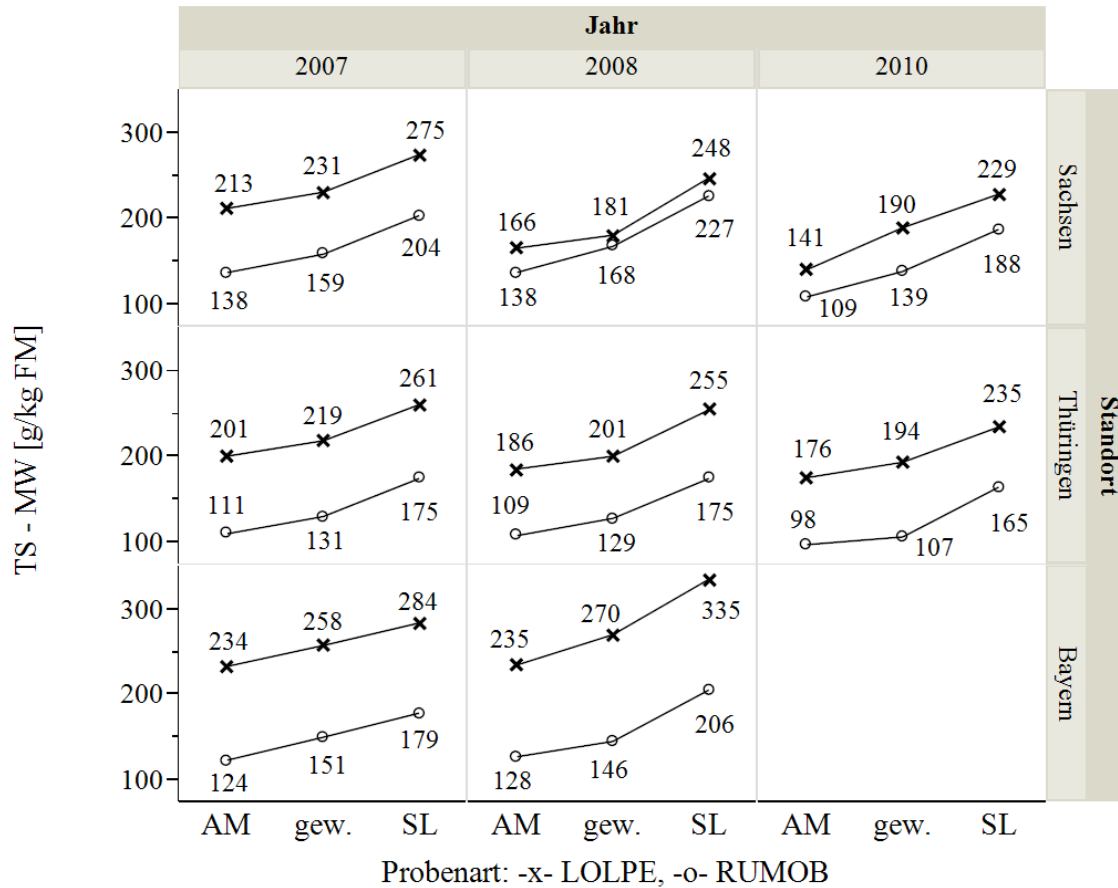
Innerhalb der Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## Zink

Die mittleren Zinkgehalte von Gras und Ampfer lagen mit 33 bzw. 34  $\text{mg*kg TM}^{-1}$  auf einheitlichem Niveau (Tab. 4-21). Auch bei keiner der Faktor-Stufen-Kombinationen wurden Unterschiede zwischen den Probenarten festgestellt. Bei einer nur geringen Anpassungsgüte des varianzanalytischen Modells konnte kein Einfluss der Faktoren Standort, Jahr oder Aufwuchs auf die Zinkgehalte von Gras oder Ampfer beobachtet werden.

## 4.2 Ergebnisse der Silierversuche

### 4.2.1 Trockensubstanzgehalt, Lagerungsdichte und Gärverlust



**Abb. 4-25:** TS-Gehalt der reinen Weidelgras- und Ampferproben im Ausgangsmaterial, im Welkgut und in der Silage

Die Trockensubstanzgehalte des Ausgangsmaterials der Grasproben aus Bayern sowie die beiden anderen Herkünfte des Jahres 2007 lagen bei oder über dem Wert von  $200 \text{ g*kg FM}^{-1}$  (Abb. 4-25). In den Versuchsjahren 2008 und 2010 kamen Grasproben aus Sachsen und Thüringen mit einem niedrigeren TS-Gehalt im Ausgangsmaterial von  $141 - 186 \text{ g*kg FM}^{-1}$  zum Einsatz. In allen Fällen lag der TS-Gehalt der Ampfer-Frischmasse deutlich unter dem von Gras mit  $98 - 138 \text{ g*kg FM}^{-1}$ . Der Anwelkprozess beider Probenarten verlief sowohl zwischen den Herkünften und Jahren, als auch zwischen den Probenarten im Wesentlichen homogen. Geringe Abweichungen davon wurden beispielsweise bei den sächsischen Herkünften festgestellt. Während im Versuchsjahr 2008 der Trockensubstanzgehalt von Gras während der Anwelkdauer langsamer anstieg als der von Ampfer, wurde im Jahr 2010 ein gegenteiliger Verlauf beobachtet.

Im Mittel aller Versuche stieg der Trockensubstanzgehalt von Gras während des Anwelkens von 194 g\*kg FM<sup>-1</sup> auf 218 g\*kg FM<sup>-1</sup> und der von Ampfer von 119 g\*kg FM<sup>-1</sup> auf 141 g\*kg FM<sup>-1</sup>. In Abbildung 4-25 sind auch die um die flüchtigen Bestandteile korrigierten Trockensubstanzgehalte der Silagen aus Weidelgras bzw. Ampfer dargestellt. In allen Fällen war der Silierprozess mit einem Anstieg der jeweiligen Trockensubstanzgehalte verbunden. In der Regel war dieser stärker als während des Anwelkens und verlief zwischen den Probenarten parallel. Die reinen Gras- bzw. Ampfersilagen hatten einen mittleren Trockensubstanzgehalt von 265 bzw. 190 g\*kg FM<sup>-1</sup>. Die Trockensubstanzgehalte der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % und 40 % Ampfer-Frischmasseanteil lagen bei 259 g\*kg FM<sup>-1</sup>, 254 g\*kg FM<sup>-1</sup>, 255 g\*kg FM<sup>-1</sup> und 236 g\*kg FM<sup>-1</sup>.

Aus versuchstechnischen Gründen wurden die Varianten der Mischungen aus Gras und Ampfer auf Basis der Frischmassen zusammengestellt. Bedingt durch den unterschiedlichen Trockensubstanzgehalt der Probenarten ergaben sich letztendlich differierende Mischungsverhältnisse auf Basis der jeweiligen Trockenmassen (Tab. 4-22). Im Mittel aller durchgeführten Silierversuche wurde für die Variante mit einem Ampfer-Frischmasseanteil von 5 % ein Trockenmasseanteil von 3,3 % errechnet. Für die weiteren Varianten ergaben sich TM-Anteile von Ampfer in den Mischungen von 6,8 %, 14,0 % und 30,0 %. Diese Abstufungen entsprachen somit weitgehend denen der bei den Frischmasseanteilen vorgegebenen geometrischen Folge, die auf der sequentiell stufenweisen Verdopplung der Ampferanteile beruhte.

**Tab. 4-22:** TM-Anteil von Ampfer am TM-Gehalt im Ausgangsmaterial der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil; n = 3

Standort	RUMOB TM-Anteil im Ausgangsmaterial [g*kg TM <sup>-1</sup> ]						
	Jahr	LOLPE	05/95	10/90	20/80	40/60	RUMOB
Sachsen	2007	0	33	67	139	302	1000
	2008	0	42	84	172	356	1000
	2010	0	49	99	198	397	1000
Thüringen	2007	0	28	58	121	269	1000
	2008	0	30	61	127	280	1000
	2010	0	28	58	122	271	1000
Bayern	2007	0	27	56	117	262	1000
	2008	0	28	57	120	267	1000
Gesamt (n = 24)		0	33	68	140	300	1000

## Lagerungsdichte

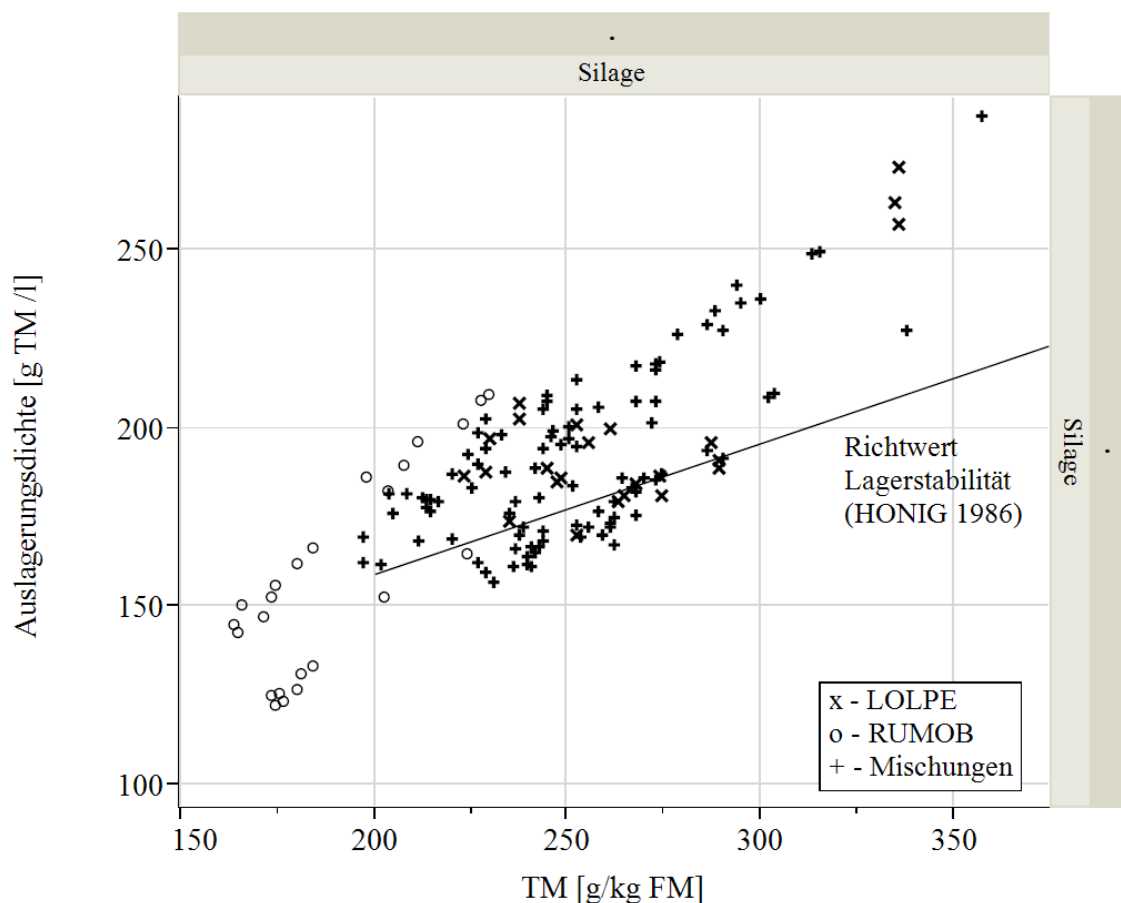
Für das Erreichen anaerober Bedingungen im Silierbehälter sind eine hohe Verdichtung des Grüngutes und die daraus folgende Verringerung der eingeschlossenen Luftmenge von zentraler Bedeutung. Die Verdichtung kann über die eingelagerte Menge an Frischmasse pro Einheit Lagerraum bewertet werden. Die Tabelle 4-23 zeigt die Menge der Einwaage des Welkgutes in Gramm pro Liter Einweckglas. Bei reinem Weidelgras lag diese Menge zwischen  $691 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  und  $854 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ . Die Probenart reiner Ampfer ließ sich aufgrund des geringeren TS-Gehaltes besser verdichten, so dass Einwaagen zwischen  $710 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  und  $934 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  erreicht wurden. Im Versuchsjahr 2007 wurde gemittelt über alle Varianten eine Einwaagemenge von  $698 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  erzielt. Mit der ab 2008 verwendeten Stopfvorrichtung konnten knapp 20 % höhere Einlagerungsmengen erreicht werden. Im Durchschnitt aller 144 einsilierten Gläser wurde eine Einlagerungsmenge von  $781 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  erreicht. Bei der Probenart reines Weidelgras lag die Einwaage bei  $761 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  und stieg bis zur Variante mit reinem Ampfer auf  $841 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  an.

**Tab. 4-23:** Mittlere Einlagerungsmengen je Laborsiliergefäß in Abhängigkeit von Silagevariante, Standort und Versuchsjahr; n = 3

Standort		Einwaage [ $\text{g FM} \cdot \text{L}^{-1}$ ]					
	Jahr	LOLPE	05/95	10/90	20/80	40/60	RUMOB
Sachsen	2007	691	690	694	698	696	744
	2008	779	783	794	810	814	915
	2010	822	831	813	833	858	905
Thüringen	2007	695	697	695	693	716	714
	2008	769	738	757	805	827	899
	2010	854	852	841	865	864	903
Bayern	2007	683	679	684	686	692	710
	2008	797	804	808	806	856	934
Gesamt (n = 24)		761	759	761	775	790	841

Die aerobe Lagerstabilität der Silage wird wesentlich durch die Lagerungsdichte zum Zeitpunkt der Silageentnahme bestimmt. Im Mittel aller Laborsiliergefäße ergab sich eine Lagerungsdichte von  $187 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$ , die Bandbreite der Einzelwerte reichte dabei von 162 bis  $265 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$  (Anhang Tab. XI). Mit Ausnahme des Versuches SN-2008 wurde in allen Fällen bei der Probenart Weidelgras eine höhere Lagerungsdichte als bei

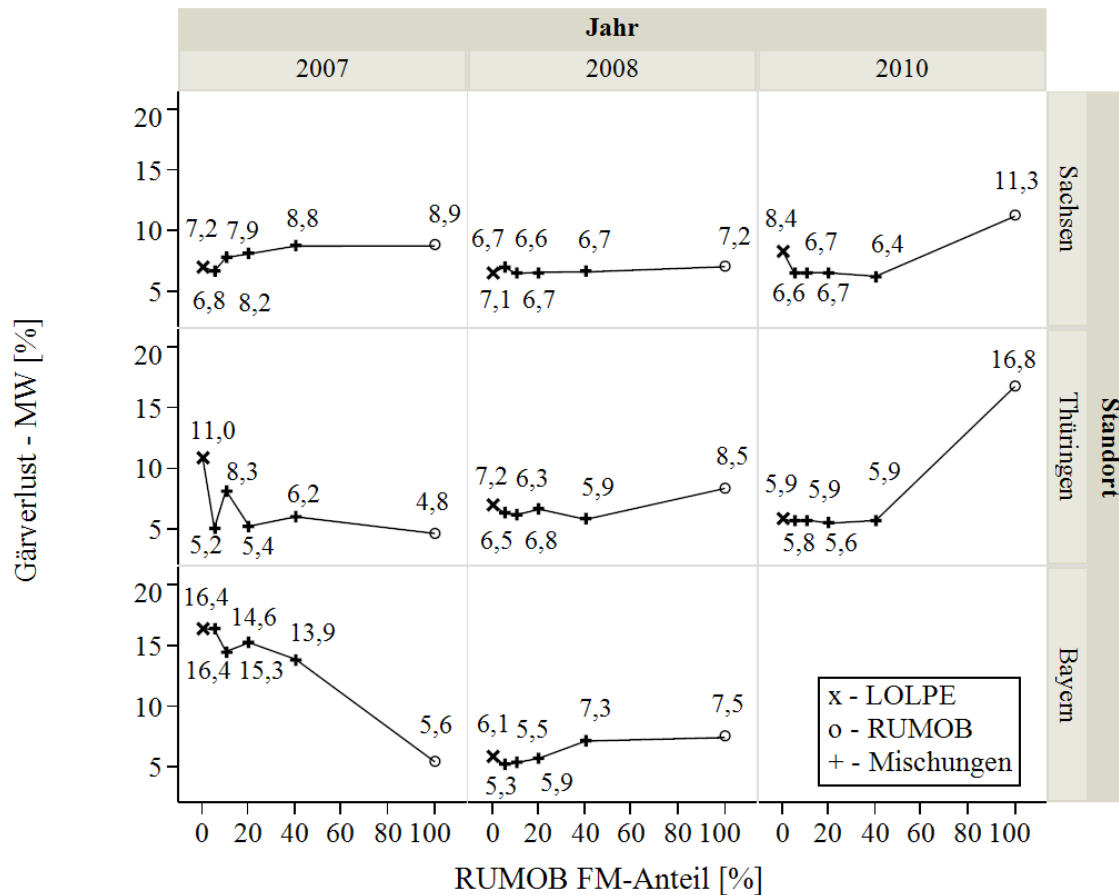
Ampfer erreicht. Im Mittel aller reinen Grassilagen ergab sich eine Lagerungsdichte von  $199 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$ . Bis zu einem Ampfer-Frischmasseanteil von 20 % blieb dieser Wert im Wesentlichen unverändert. Ampferanteile von 40 % in der Frischmasse reduzierten die Lagerungsdichte der entsprechenden Modellsilage auf  $184 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$ , während bei der Silage aus 100 % Ampfer ein Wert von  $158 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$  erreicht wurde. Der Rückgang der Lagerungsdichte von der Grassilage über die Mischungsvarianten bis hin zur reinen Ampfersilage verhielt sich somit entgegengesetzt zum Anstieg der Einwaagemenge, daraus lässt sich bei angenommener gleicher oder ähnlicher Verdichtung des Grüngutes innerhalb der Versuchsreihe ein starker Einfluss des TS-Gehaltes der Probenarten auf die Lagerstabilität ablesen. In Abbildung 4-26 wurde die Beziehung zwischen Lagerungsdichte und TS-Gehalt grafisch dargestellt. Bei einem nicht unerheblichen Anteil aller Modellsilagen wurde in Bezug auf den von HONIG (1986) aufgestellten Richtwert zur Lagerstabilität keine ausreichend hohe Auslagerungsdichte erreicht.



**Abb. 4-26:** Lagerungsdichte der Gras- und Ampfersilagen sowie der Mischungsvarianten in Abhängigkeit von der Trockenmasse und Richtwert zur Beurteilung der aeroben Lagerstabilität



## Gärverlust



**Abb. 4-27:** Gärverlust der reinen Weidelgras- bzw. Ampferproben und der Mischproben mit 5 %, 10 %, 20 % und 40 % Ampfer-FM-Anteil; n = 3

Die Höhe der Gärverluste verhielt sich uneinheitlich sowohl zwischen den Herkünften von Gras bzw. Ampfer und den Versuchsjahren, als auch zwischen den Probenarten. Im Versuchsjahr 2007 zeigte reines Weidelgras aus Sachsen mit 7,2 % geringere Gärverluste als reiner Ampfer der gleichen Herkunft (8,9 %). Demgegenüber lagen die Gärverluste von Gras in Thüringen bei 11 % und in Bayern bei hohen 16,4 %, während bei reinem Ampfer an diesen Standorten mit 4,8 % bzw. 5,6 % wesentlich niedrigere Werte zu verzeichnen waren. Die Abbildung 4-27 zeigt darüber hinaus auch die Mittelwerte der Gärverluste der verschiedenen Mischungsvarianten aus Gras und Ampfer. Die Gärverluste der reinen Grassilagen des Jahres 2008 lagen zwischen 6,1 % und 7,2 % (MW 6,7 %) und damit geringfügig niedriger als die von reinem Ampfer mit einem Mittelwert von 7,7 %. Ein völlig gegensätzliches Bild zeigte der Versuch des Jahres 2010 in Thüringen.

Der Gärverlust der reinen Ampfersilage erreichte mit 16,8 % nahezu den dreifachen Wert der Silage aus reinem Weidelgras.

#### 4.2.2 Vergärbare Kohlenhydrate und Gärqualität

##### Zucker

In den Versuchsjahren 2008 und 2010 wurden die Ausgangsmaterialien der Silierversuche und die Modellsilagen nach Abschluss der Konservierung hinsichtlich ihres Zuckergehaltes (ohne Fructane) analysiert. Beim Weidelgras wurde im Ausgangsmaterial mit einem Mittel von  $167 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ein hoher Zuckergehalt nachgewiesen. Der niedrigste Wert wurde dabei mit  $108 \text{ g*kg TM}^{-1}$  im Versuch SN-2008 beobachtet, der höchste Gehalt wurde im Versuch TH-2010 gefunden (Tab. 4-24). Die Bandbreite der Zuckergehalte im Ausgangsmaterial des Ampfers reichte von  $77 \text{ g*kg TM}^{-1}$  im Versuch SN-2008 bis zu über  $130 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in beiden Versuchen des Jahres 2010. Ampfer hatte damit zwar mit einem Mittelwert von  $111 \text{ g*kg TM}^{-1}$  einen um 34 % signifikant niedrigeren Ausgangsgehalt als Weidelgras, erreichte aber im Einzelfall auch vergleichbare Werte. Im Verlauf der Milchsäuregärung wurde der Zucker bei reinem Gras im Mittel um 132 g bzw. 80 % und bei reinem Ampfer um 61 g bzw. 55 % umgesetzt. Damit verblieb bei Ampfer ein mittlerer Restzuckergehalt von  $50 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Bei reinem Weidelgras erfolgte bis auf den Versuch BY-2008 mit einem Restzuckerhalt von  $97 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ein nahezu vollständiger Abbau.

**Tab. 4-24:** Zuckergehalt von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche;  $n = 3$

Standort		Zucker – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								r <sup>2</sup>
		AM		Silage						
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2008	108 <sub>a</sub>	77 <sub>b</sub>	12 <sub>c</sub>	10 <sub>c</sub>	13 <sub>c</sub>	11 <sub>c</sub>	10 <sub>c</sub>	10 <sub>c</sub>	0,99
	2010	159 <sub>a</sub>	135 <sub>a</sub>	10 <sub>c</sub>	81 <sub>b</sub>	10 <sub>c</sub>	10 <sub>c</sub>	10 <sub>c</sub>	10 <sub>c</sub>	0,98
TH	2008	189 <sub>a</sub>	83 <sub>b</sub>	42 <sub>cd</sub>	56 <sub>bc</sub>	48 <sub>cd</sub>	43 <sub>cd</sub>	38 <sub>cd</sub>	22 <sub>d</sub>	0,97
	2010	206 <sub>a</sub>	139 <sub>b</sub>	14 <sub>d</sub>	80 <sub>c</sub>	12 <sub>d</sub>	10 <sub>d</sub>	11 <sub>d</sub>	10 <sub>d</sub>	0,99
BY	2008	171 <sub>a</sub>	121 <sub>ab</sub>	97 <sub>ab</sub>	21 <sub>b</sub>	89 <sub>ab</sub>	75 <sub>ab</sub>	60 <sub>ab</sub>	16 <sub>b</sub>	0,65
Gesamt (n=24)		167 <sub>a</sub>	111 <sub>b</sub>	35 <sub>c</sub>	50 <sub>c</sub>	34 <sub>c</sub>	30 <sub>c</sub>	26 <sub>c</sub>	14 <sub>c</sub>	0,71

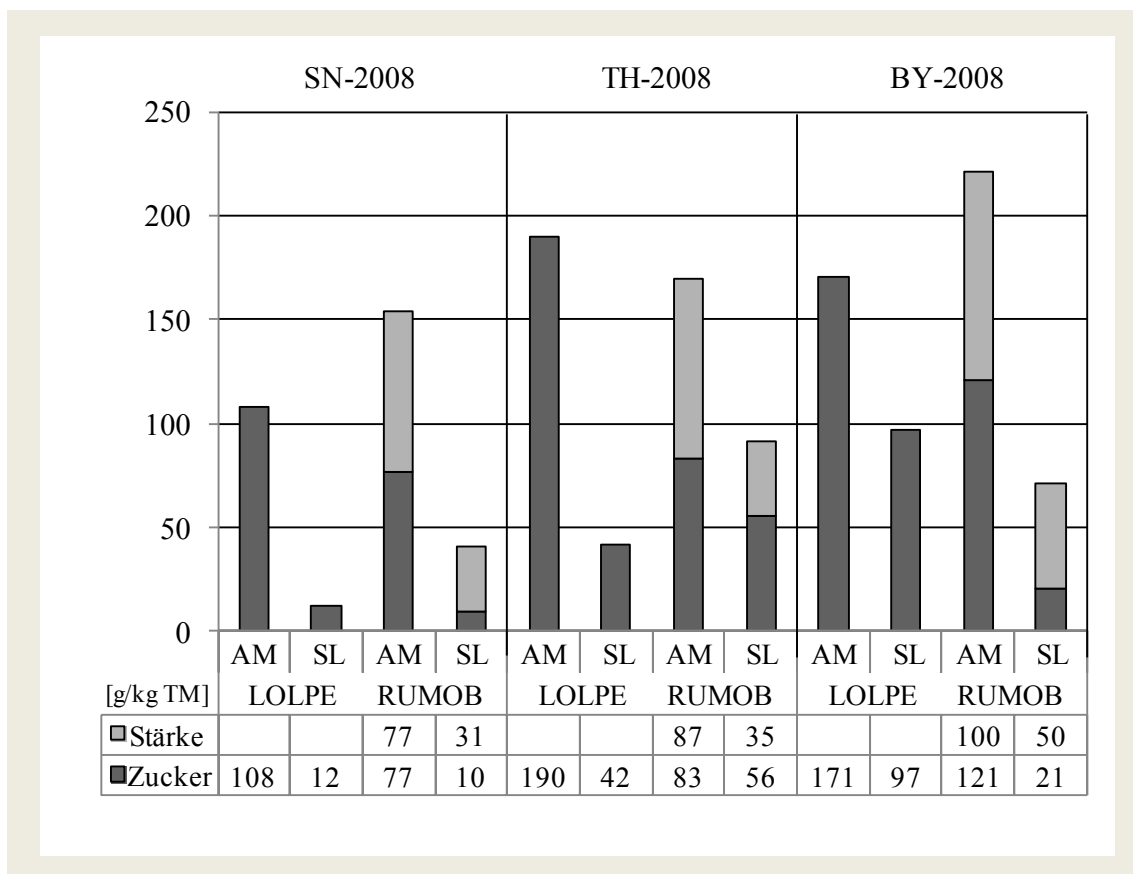
Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

Die Restzuckergehalte der Mischungsvarianten der Modellsilagen waren in den Versuchen SN-2008, SN-2010 und TH-2010 sowohl untereinander, als auch mit denen der jeweils reinen Grassilage vergleichbar. Im Versuch BY-2008 war bei hohen Restzuckergehalten im Gras und niedrigen Werten im Ampfer ein aus den Mischungsverhältnissen beider Probenarten resultierender deutlicher Verdünnungseffekt erkennbar.

## **Stärke**

Die Stärkegehalte in reinem Weidelgras und den daraus hergestellten Silagen waren erwartungsgemäß aus pflanzenphysiologischen Gründen äußerst gering. Bei Ampfer hingegen können in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium zum Schnittzeitpunkt nennenswerte Stärkegehalte auftreten, diese resultieren vermutlich aus den in die reifenden Samen eingelagerten Reservestoffen.

Im Versuchsjahr 2010 lagen die Stärkegehalte der reinen Ampferproben nur in wenigen Ausnahmefällen über der labortechnischen Nachweisgrenze von  $30 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , auf deren Darstellung wird aus diesem Grund verzichtet. Im Versuchsjahr 2008 wurden hohe Stärkegehalte in vergleichbarem Umfang an allen drei Versuchsstandorten festgestellt, im Mittel lagen diese bei  $88 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Die Abbildung 4-28 zeigt sowohl die Stärkegehalte von reinem Ampfer im Ausgangsmaterial und den Silagen, als auch die Summe der jeweiligen Zucker- und Stärkegehalte. Im Vergleich dazu sind die Zuckergehalte der reinen Weidelgrasproben aus Tabelle 4-24 nochmals dargestellt. Im genannten Versuchsjahr wurde im Ausgangsmaterial aller Ampferproben ein hoher Gehalt an wasserlöslichen Kohlenhydraten festgestellt, die für die erfolgreiche Milchsäuregärung erforderlich sind. Im Mittel lag die Summe aus Stärke und Zucker auf dem Niveau der entsprechenden Proben aus hochzuckerreichem Weidelgras. Der säuerungsbedingte Abbau von Stärke und Zucker betrug bei Ampfer zwischen  $79 \text{ g*kg}$  und  $150 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Die Abauraten bei Ampfer lagen im Mittel bei 63 % und unterschieden sich damit nur noch wenig von denen der reinen Grasproben. Die Umsetzung der im Ampfer enthaltenen Mengen an Zucker bzw. Stärke verlief im Wesentlichen gleichförmig.



**Abb. 4-28:** Zucker- und Stärkegehalt von Weidelgras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Silagen, Modellsiliversionen 2008, n = 3

## Milchsäure

Die reinen Grassilagen hatten im Mittel einen Milchsäuregehalt von  $32,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , während in den reinen Ampfersilagen im Mittel  $10,2 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit signifikant niedrigere Werte attestiert wurden (Tab. 4-25). Der Milchsäuregehalt in den Mischungsstufen der Modellsilagen verringerte sich sukzessive mit steigendem Ampferanteil, allerdings konnte bei der Zusammenfassung aller durchgeführten Versuche selbst bei einem Ampfer-Frischmasseanteil im Ausgangsmaterial von 40 % bei einem Milchsäuregehalt von  $25,1 \text{ g*kg TM}^{-1}$  aus statistischer Sicht kein Unterschied zur Silage aus reinem Weidelgras festgestellt werden. Die stärkste Abhängigkeit des Milchsäuregehaltes vom Mischungsverhältnis der Probenarten wurde im Versuch SN-2007 nachgewiesen, dort führte bereits ein Ampfer-Frischmasseanteil von 20 % zu einem signifikanten Rückgang des Milchsäuregehaltes gegenüber reiner Grassilage. Begünstigt wurde dieses Ergebnis durch die in diesem Fall weite Streuung der Werte des Milchsäu-

regehaltes zwischen Grassilage mit  $72,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und Ampfersilage mit  $2,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Mit Milchsäuregehalten von unter  $20 \text{ g*kg TM}^{-1}$  wurden in den Grassilagen und daraus folgend auch in den Mischungsstufen der Versuche TH-2007 und BY-2007 sehr niedrige Werte festgestellt, in einigen dieser Proben wurden dann auch höhere Gehalte an Buttersäure nachgewiesen. Sowohl im letztgenannten Versuch, als auch im Versuch TH-2008 bestand kein gesicherter Unterschied im Milchsäuregehalt der reinen Gras- bzw. Ampfersilage.

**Tab. 4-25:** Gehalt an Milchsäure der reinen Gras- und Ampfersilage sowie der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; n = 3

Standort		Milchsäure – KQMW [ $\text{g*kg TM}^{-1}$ ]						
	Jahr	LOLPE	05/95	10/90	20/80	40/60	RUMOB	r <sup>2</sup>
SN	2007	72,5 <sub>a</sub>	54,9 <sub>a</sub>	40,8 <sub>ab</sub>	27,8 <sub>bc</sub>	22,0 <sub>c</sub>	2,6 <sub>d</sub>	0,98
	2008	34,5 <sub>a</sub>	32,3 <sub>a</sub>	34,9 <sub>a</sub>	26,3 <sub>ab</sub>	28,3 <sub>ab</sub>	16,1 <sub>b</sub>	0,69
	2010	54,2 <sub>a</sub>	42,3 <sub>a</sub>	46,5 <sub>a</sub>	41,6 <sub>a</sub>	44,2 <sub>a</sub>	10,9 <sub>b</sub>	0,94
TH	2007	19,6 <sub>a</sub>	27,4 <sub>a</sub>	15,7 <sub>ab</sub>	18,2 <sub>a</sub>	14,6 <sub>ab</sub>	8,6 <sub>b</sub>	0,72
	2008	27,1 <sub>a</sub>	19,9 <sub>ab</sub>	12,6 <sub>b</sub>	20,6 <sub>ab</sub>	22,7 <sub>ab</sub>	18,5 <sub>ab</sub>	0,56
	2010	36,5 <sub>a</sub>	38,5 <sub>a</sub>	38,5 <sub>a</sub>	36,8 <sub>a</sub>	37,1 <sub>a</sub>	13,7 <sub>b</sub>	0,94
BY	2007	14,7 <sub>a</sub>	12,6 <sub>a</sub>	12,5 <sub>a</sub>	10,5 <sub>a</sub>	18,3 <sub>a</sub>	11,1 <sub>a</sub>	0,38
Gesamt (n = 21)		32,5 <sub>a</sub>	29,6 <sub>a</sub>	25,1 <sub>a</sub>	23,9 <sub>a</sub>	25,1 <sub>a</sub>	10,2 <sub>b</sub>	0,34

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Essigsäure

Sowohl die Silagen der reinen Probenarten Gras bzw. Ampfer, als auch die der Mischungsstufen wiesen große Streuungen im Gehalt an Essigsäure auf. Mit einem Mittelwert von  $17,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$  lagen die Werte der Grassilage dabei im Bereich zwischen  $4,3$  und  $41,1 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Mit Ausnahme des Versuches BY-2007 wurden in den Einzelversuchen jeweils signifikant geringere Essigsäuregehalte der Ampfersilagen festgestellt, im Mittel lagen diese bei  $3,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Tab. 4-26). Die Essigsäuregehalte der Mischungsvarianten variierten im Wesentlichen in Abhängigkeit von den Gras- bzw. Ampfer-Frischmasseanteilen und deren jeweiligen Gehalten. Im Regelfall wurde dabei mit steigendem Ampferanteil ein sinkender Essigsäuregehalt beobachtet. Aus statistischer Sicht wurde jedoch selbst in Silagen mit einem Ampfer-Frischmasseanteil von 40 % kein Unterschied zu reiner Grassilage festgestellt. Essigsäuregehalte von über

30 g\*kg TM<sup>-1</sup> traten in begrenztem Umfang und nur bei hohen Grasanteilen in der Versuchen TH-2008 und TH-2010 auf.

**Tab. 4-26:** Gehalt an Essigsäure der reinen Gras- und Ampfersilage sowie der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; n = 3

Standort	Essigsäure – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]							
	Jahr	LOLPE	05/95	10/90	20/80	40/60	RUMOB	r <sup>2</sup>
SN	2007	21,0 <sub>a</sub>	13,2 <sub>a</sub>	12,3 <sub>ab</sub>	13,3 <sub>a</sub>	12,3 <sub>a</sub>	4,8 <sub>b</sub>	0,72
	2008	18,1 <sub>a</sub>	13,3 <sub>ab</sub>	8,9 <sub>ab</sub>	16,5 <sub>ab</sub>	10,6 <sub>ab</sub>	5,6 <sub>b</sub>	0,60
	2010	27,5 <sub>a</sub>	24,5 <sub>a</sub>	23,4 <sub>a</sub>	27,3 <sub>a</sub>	24,4 <sub>a</sub>	6,4 <sub>b</sub>	0,98
TH	2007	18,0 <sub>a</sub>	26,1 <sub>a</sub>	20,2 <sub>a</sub>	23,7 <sub>a</sub>	5,7 <sub>a</sub>	5,9 <sub>a</sub>	0,27
	2008	41,1 <sub>a</sub>	36,1 <sub>a</sub>	6,7 <sub>ab</sub>	15,7 <sub>ab</sub>	1,4 <sub>ab</sub>	0,5 <sub>b</sub>	0,70
	2010	31,5 <sub>a</sub>	29,2 <sub>a</sub>	29,0 <sub>a</sub>	28,6 <sub>a</sub>	26,5 <sub>a</sub>	7,1 <sub>b</sub>	0,97
BY	2007	4,3 <sub>b</sub>	5,1 <sub>b</sub>	5,1 <sub>b</sub>	7,6 <sub>ab</sub>	7,6 <sub>ab</sub>	12,8 <sub>a</sub>	0,64
	2008	8,4 <sub>a</sub>	3,0 <sub>ab</sub>	0,8 <sub>bc</sub>	3,8 <sub>ab</sub>	7,6 <sub>a</sub>	0,5 <sub>c</sub>	0,81
Gesamt (n = 24)		17,5 <sub>a</sub>	14,4 <sub>a</sub>	8,9 <sub>a</sub>	14,2 <sub>a</sub>	8,9 <sub>a</sub>	3,5 <sub>b</sub>	0,20

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Buttersäure

Von den reinen Weidelgras- bzw. Ampfersilagen und den Mischungen mit unterschiedlichen Ampfer-Frischmasseanteilen lagen pro Variante 24 Proben zur Untersuchung vor. In 95 der 144 Proben wurde Buttersäure laboranalytisch gefunden, somit waren rund 66% aller Silagevarianten praktisch frei von Buttersäure. In 32 Proben lagen die Ergebnisse zwischen der Bestimmungsgrenze von 0,5 g\*kg TM<sup>-1</sup> und dem empfohlenen Grenzwert in Höhe von 3,0 g\*kg TM<sup>-1</sup> (WEIB, 2011). Innerhalb dieses Bereiches waren alle Silagearten davon betroffen, der Mittelwert lag bei 1,3 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-27). Zur weiteren Bewertung wurden die Proben mit einem Gehalt oberhalb des genannten Grenzwertes in zwei Klassen eingeteilt. Die Trennung erfolgte dabei bei einem Buttersäuregehalt von 7,0 g\*kg TM<sup>-1</sup>, da Silagen bis zu diesem Wert beim Vorliegen keiner weiteren negativ wirkenden Faktoren bezüglich der Gärqualität noch mit einem guten Qualitätsurteil bewertet werden können. Silagen mit Buttersäuregehalten oberhalb von 7,0 g\*kg TM<sup>-1</sup> werden dagegen regelmäßig als verbesserungsbedürftig oder schlechter benotet (ANONYM, 2006).

**Tab. 4-27:** Gehalt an Buttersäure der reinen Gras- und Ampfersilage sowie der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil

Silagevariante (n = 24)	MW gesamt	Buttersäure - Gehaltsklassen [g*kg TM <sup>-1</sup> ]						
		< 0,5	≥ 0,5 - 3,0		> 3,0-7,0		> 7,0	
		n	n	MW (min-max)	n	MW (min-max)	n	MW (min-max)
<b>LOLPE</b>	1,1	15	6	1,5 (1,0-2,1)	2	4,8 (4,8-4,9)	1	7,56
<b>05/95</b>	1,4	16	5	0,8 (0,5-1,0)	2	5,4 (4,4-6,5)	1	19,3
<b>10/90</b>	1,1	15	7	1,8 (1,0-2,9)	1	4,6	1	8,8
<b>20/80</b>	1,6	15	5	1,3 (1,1-1,7)	1	5,2	3	9,2 (7,3-12)
<b>40/60</b>	2,0	16	3	1,4 (1,1-1,9)	3	5,1 (3,7-6,4)	2	14 (7,8-20)
<b>RUMOB</b>	0,2	18	6	0,7 (0,6-0,8)	-		-	
<b>Gesamt</b>		95	32	1,3	9	5,1	8	11,5

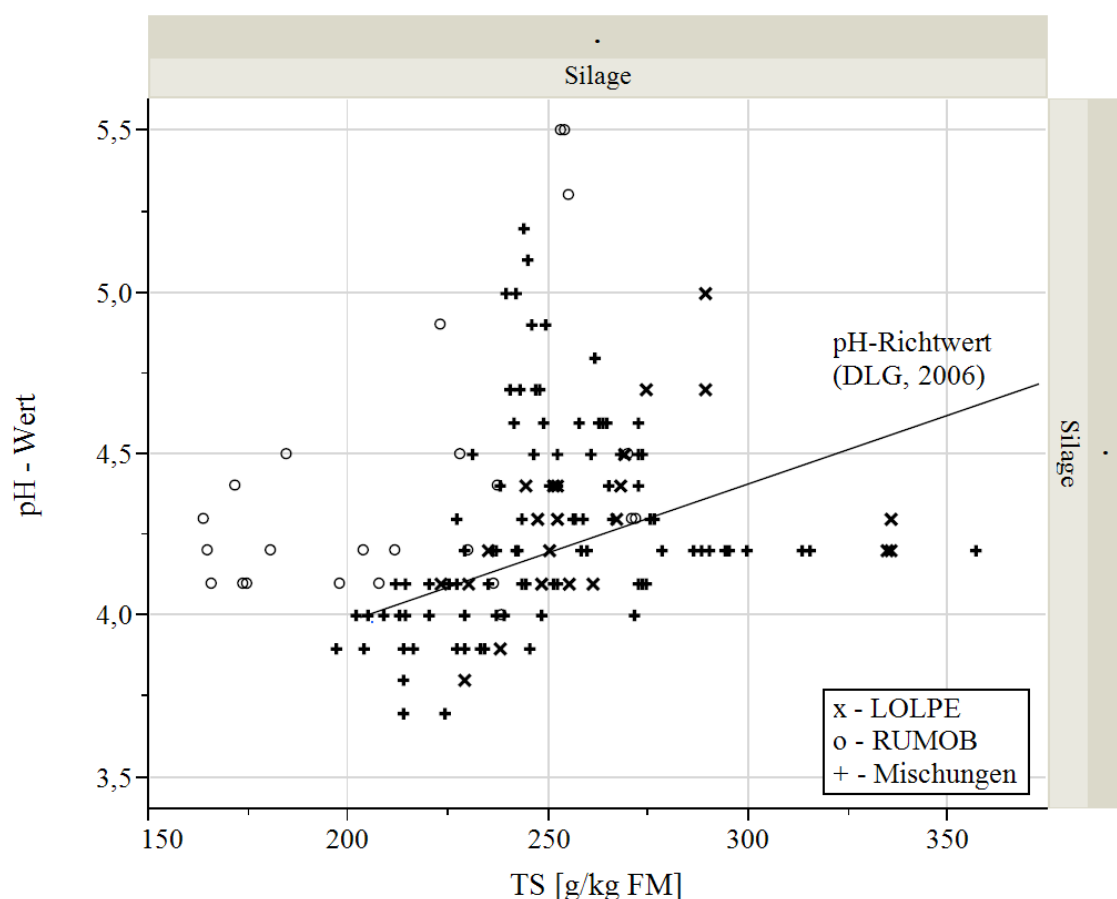
Insgesamt 9 Proben hatten einen Buttersäuregehalt zwischen 3,0 und 7,0 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Mit Ausnahme der reinen Ampfersilagen wurden mittlere Buttersäuregehalte von 5,1 g\*kg TM<sup>-1</sup> gefunden, dabei wurden keine Unterschiede zwischen der reinen Grassilage und den grashaltigen Modellvarianten beobachtet. Auf den Bereich oberhalb von 7,0 g \*kg TM<sup>-1</sup> entfielen insgesamt 8 Proben, darin waren wiederum keine Silagen aus reinem Ampfer enthalten. Die Ergebnisse der in diesem Bereich liegenden Proben lassen keine Abhängigkeit des Buttersäuregehaltes der Modellsilagen vom Ampfer-Frischmasseanteil erkennen. Proben mit höheren Buttersäuregehalten traten vorrangig im Versuchsjahr 2007 auf. Ab 2008 wurden die Laborsiliergefäße unter Verwendung einer mechanischen Stopfvorrichtung befüllt. In der dabei erreichten höheren bzw. gleichmäßigeren Verdichtung des Probenmaterials könnte eine Ursache für die ab diesem Zeitpunkt niedrigeren Gehalte an Buttersäure zu suchen sein.

## pH-Wert

Zwischen den Mittelwerten der pH-Werte von Silage aus reinem Weidelgras mit 4,3 bzw. aus reinem Ampfer mit 4,4 wurden keine wesentlichen Unterschiede festgestellt, auf eine Darstellung der Mischungsstufen der Modellsilagen wurde daher verzichtet (Tab. 4-28). Dies gilt ebenso auch für die im Folgenden beschriebenen Parameter Ethanol-, Ammoniak- und Ammoniak-N-Gehalt, die entsprechenden Rohmittelwerte sind in Tabelle IX im Anhang aufgeführt. Mit einem Wert von 4,7 wurde der höchste pH-Wert im Mittel der sächsischen Ampfersilagen beobachtet. Dieser lag signifikant höher als in

den Ampfersilagen aus Thüringen bzw. Bayern und unterschied sich ebenfalls deutlich vom Wert der entsprechenden Weidelgras-Silage derselben Herkunft (4,3). Innerhalb des varianzanalytischen Modells wurde ein gesicherter Einfluss des Faktors Jahr ausgewiesen. Die höchsten Werte beider Modellsilagen wurden im Versuchsjahr 2007 festgestellt, die niedrigsten Werte traten 2010 auf. In keinem Jahr kam es jedoch zu nachgewiesenen Unterschieden im pH-Wert zwischen den Silagen der beiden Probenarten.

Um die pH-Werte bezüglich ihres Einflusses auf die Lagerstabilität der Silagen bewerten zu können, wurden diese in Relation zu den zugehörigen Trockensubstanzgehalten gebracht und in Abbildung 4-29 grafisch dargestellt.



**Abb. 4-29:** pH-Wert in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Modellsilagen aus Weidelgras und Ampfer, Angabe des kritischen Säuerungsgebietes zur Erreichung der Lagerstabilität, n = 144

Nur rund 42 % aller Modellsilagen befanden sich mit ihrem pH-Wert unterhalb der für die Erreichung einer hohen Lagerstabilität kritischen Trockenmassegrenze (ANONYM, 2006). Nahezu alle Silagen aus reinem Ampfer lagen bedingt auch durch deren artspezi-



fisch geringe TS-Gehalte teils deutlich oberhalb der genannten Grenze. Bei einzelnen Proben dieser Art wurden pH-Werte von 5,5 ermittelt, aus statistischer Sicht handelte es sich dabei aber um zufällig aufgetretene Ausreißer. Die reinen Grassilagen lagen mit ihren pH-Werten teils oberhalb, teils unterhalb der kritischen Grenze. Insgesamt ungünstig auf die Beurteilung der Lagerstabilität wirkten sich die eher niedrigen TS-Gehalte fast aller Modellsilagen mit unterschiedlichen Gras-Frischmasseanteilen aus. Nur 7 Proben hatten bei einem TS-Gehalt von größer oder gleich 300 g\*kg FM<sup>-1</sup> einen pH-Wert unterhalb von 4,5. Zusammen mit den 14 Proben mit einem TS-Gehalt von kleiner als 300 g\*kg FM<sup>-1</sup> und einem pH-Wert von kleiner oder gleich 4,0 konnten bei nur insgesamt 15 % aller 144 vorliegenden Ergebnisse letztendlich 10 Punkte im Rahmen der Bewertung der Gärqualität vergeben werden (ANONYM, 2006). Demgegenüber mussten bei rund 12% aller Proben Punktabzüge von jeweils - 5 vorgenommen werden, da pH-Werte von größer als 4,6 mit TS-Gehalten von unter 300 g\*kg FM<sup>-1</sup> kombiniert waren (Anhang Tab. IX).

**Tab. 4-28:** pH-Wert und Ethanolgehalt [g\*kg TM<sup>-1</sup>] der reinen Gras- bzw. Ampfersilagen der Modellsiliverturversuche; mehrfaktorielle Varianzanalyse, Standort und Jahr als zufälliger Effekt; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor			pH-Wert-KQMW (r <sup>2</sup> = 0,62)			Ethanol – KQMW (r <sup>2</sup> = 0,59)		
	Stufe	n	LOLPE SL	RUMOB SL	p	LOLPE SL	RUMOB SL	p
Standort	SN	9	4,3 <sub>b</sub>	4,7 <sub>a</sub>	n.s.	17 <sub>ab</sub>	22 <sub>a</sub>	n.s.
	TH	9	4,1 <sub>b</sub>	4,3 <sub>b</sub>		13 <sub>ab</sub>	10 <sub>b</sub>	
	BY	6	4,4 <sub>b</sub>	4,1 <sub>b</sub>		22 <sub>ab</sub>	13 <sub>ab</sub>	
Jahr	2007	9	4,6	4,5	***	25 <sub>a</sub>	13 <sub>abc</sub>	n.s.
	2008	9	4,2	4,4		14 <sub>bc</sub>	21 <sub>ab</sub>	
	2010	6	4,0	4,2		14 <sub>bc</sub>	10 <sub>c</sub>	
Probenart		24	4,3	4,4	n.s.	17	15	n.s.

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## Ethanol

In den Silagen aus reinem Weidelgras wurde ein Ethanolgehalt von 17 g\*kg TM<sup>-1</sup> festgestellt. Silagen aus reinem Ampfer hatten einen nur geringfügig niedrigeren Gehalt von 15 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-28). In einigen wenigen Fällen wurden innerhalb der Probenarten signifikante Unterschiede zwischen den Standorten bzw. Versuchsjahren gefunden, dennoch übten beide Faktoren keinen gesicherten Einfluss auf den Ethanolgehalt der Silagen aus reinem Weidelgras bzw. Ampfer aus.

## Ammoniak

Der mittlere Ammoniakgehalt der Grassilage lag bei  $1,2 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und war damit nahezu identisch zum Wert der Silagen aus reinem Ampfer mit  $1,0 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Tab. 4-29). Bei einer nur geringen Güte des varianzanalytischen Modells konnte dabei kein Einfluss der Faktoren Standort bzw. Jahr auf den Ammoniakgehalt der Probenarten nachgewiesen werden. Auch auf Basis der einzelnen Faktor-Stufen-Kombinationen wurden zwischen den Silagen aus reinem Gras bzw. Ampfer keine Unterschiede im Ammoniakgehalt festgestellt.

**Tab. 4-29:** Ammoniak- und Ammoniak-N-Gehalt (KQMW) der reinen Gras- bzw. Ampfersilagen der Modellsilivversuche; mehrfaktorielle Varianzanalyse, Standort und Jahr als zufälliger Effekt; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Faktor	NH <sub>3</sub> [g*kg TM <sup>-1</sup> ] (r <sup>2</sup> = 0,43)					NH <sub>3</sub> -N [% Gesamt-N] (r <sup>2</sup> = 0,57)		
	Stufe	n	LOLPE SL	RUMOB SL	p	LOLPE SL	RUMOB SL	p
Standort	SN	9	1,7	0,7	n.s.	4,5	2,0	n.s.
	TH	9	0,7	1,2		3,6	2,6	
	BY	6	1,1	1,2		4,1	2,2	
Jahr	2007	9	1,4	0,9	n.s.	5,3 <sub>a</sub>	2,0 <sub>ab</sub>	n.s.
	2008	9	1,1	0,8		3,1 <sub>b</sub>	1,7 <sub>ab</sub>	
	2010	6	1,0	1,4		3,8 <sub>ab</sub>	3,0 <sub>ab</sub>	
Probenart		24	1,2	1,0	n.s.	4,1	2,2	n.s.

Innerhalb d. Faktoren kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) p (Signifikanz der Faktoren)

## NH<sub>3</sub>-N in % des Gesamt-N

Die Anteile des Ammoniakstickstoffgehaltes am Gesamtstickstoff sind in Tabelle 4-29 dargestellt. Basierend auf annähernd vergleichbaren Ammoniakgehalten der Modellsilagen und höheren Rohproteingehalten in den Silagen von Ampfer gegenüber Weidelgras (Tab. 4-31) ergibt sich für die reinen Ampfersilagen mit 2,2 % ein tendenziell niedrigerer Anteil als bei den Grassilagen mit einem Wert von 4,1 %. Die Faktoren Standort bzw. Jahr übten keinen gesicherten Einfluss auf den Anteil des Ammoniakstickstoffgehaltes am Gesamtstickstoff der Silagearten aus. Auch bei Betrachtung der Faktor-Stufen-Kombinationen wurden keine nachweisbaren Unterschiede zwischen den Gras- bzw. Ampfersilagen festgestellt.

#### 4.2.3 Rohrnährstoffe, Faserbestandteile, Verdaulichkeit und Energiedichten der Modellsilagen

##### Rohasche

In den durchgeführten Untersuchungen unterschieden sich die Rohaschegehalte der Ausgangsmaterialien Ampfer und Weidelgras jeweils signifikant voneinander. Im Weidelgras lag der mittlere Gehalt bei 72 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-30). Ampfer zeigte im Ausgangsmaterial mit einer mehr als doppelt so großen Spannweite auch einen höheren Mittelwert von 100 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Bei beiden Probenarten veränderten sich die Rohaschegehalte während der Silierung nur geringfügig und sind statistisch nicht absicherbar. Der XA-Gehalt von Weidelgras stieg im Mittel aller Versuche um 3 g auf 75 g\*kg TM<sup>-1</sup>, während der von Ampfer um 5 g auf 95 g\*kg TM<sup>-1</sup> fiel. Bis auf wenige gegenläufige Ergebnisse konnte dieser Trend in fast allen Versuchen bestätigt werden. In den Mischungsstufen der Modellsilagen wurde mit zunehmendem Ampferanteil eine sequentielle Zunahme des mittleren Rohascheanteils von 75 g\*kg TM<sup>-1</sup> auf 80 g\*kg TM<sup>-1</sup> nachgewiesen. Allerdings waren diese selbst bis zur höchsten Ampfer-Zumischrate von 40 % Frischmasseanteilen aus statistischer Sicht nicht gesichert unterschiedlich zur Silage aus reinem Weidelgras.

**Tab. 4-30:** Rohaschegehalt von Gras u. Ampfer [g\*kg TM<sup>-1</sup>] im Ausgangsmaterial u. den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		XA – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								
		AM		Silage						r <sup>2</sup>
		Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	
SN	2007	68 <sub>c</sub>	87 <sub>ab</sub>	72 <sub>c</sub>	93 <sub>a</sub>	74 <sub>bc</sub>	72 <sub>c</sub>	73 <sub>c</sub>	76 <sub>bc</sub>	0,90
	2008	64 <sub>bc</sub>	82 <sub>a</sub>	64 <sub>bc</sub>	78 <sub>a</sub>	66 <sub>b</sub>	63 <sub>bc</sub>	62 <sub>c</sub>	66 <sub>b</sub>	0,96
	2010	74 <sub>ab</sub>	86 <sub>a</sub>	73 <sub>b</sub>	78 <sub>ab</sub>	72 <sub>b</sub>	73 <sub>ab</sub>	76 <sub>ab</sub>	76 <sub>ab</sub>	0,56
TH	2007	68 <sub>c</sub>	104 <sub>a</sub>	77 <sub>b</sub>	100 <sub>a</sub>	72 <sub>bc</sub>	75 <sub>bc</sub>	74 <sub>bc</sub>	75 <sub>bc</sub>	0,97
	2008	84 <sub>c</sub>	126 <sub>a</sub>	85 <sub>c</sub>	105 <sub>b</sub>	85 <sub>c</sub>	89 <sub>c</sub>	91 <sub>c</sub>	95 <sub>bc</sub>	0,92
	2010	79 <sub>c</sub>	94 <sub>a</sub>	87 <sub>ab</sub>	92 <sub>ab</sub>	85 <sub>bc</sub>	86 <sub>abc</sub>	88 <sub>ab</sub>	86 <sub>abc</sub>	0,76
BY	2007	72 <sub>c</sub>	102 <sub>a</sub>	85 <sub>b</sub>	104 <sub>a</sub>	84 <sub>b</sub>	83 <sub>bc</sub>	86 <sub>b</sub>	86 <sub>b</sub>	0,93
	2008	66 <sub>e</sub>	123 <sub>a</sub>	64 <sub>e</sub>	113 <sub>b</sub>	66 <sub>e</sub>	69 <sub>de</sub>	73 <sub>d</sub>	84 <sub>c</sub>	0,99
Gesamt (n = 18-24)		72 <sub>b</sub>	100 <sub>a</sub>	75 <sub>b</sub>	95 <sub>a</sub>	75 <sub>b</sub>	76 <sub>b</sub>	77 <sub>b</sub>	80 <sub>b</sub>	0,43

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Rohprotein

Die Rohproteingehalte von Ampfer und Weidelgras unterschieden sich sowohl im Ausgangsmaterial, als auch in der Silage jeweils signifikant voneinander. Zum Versuchsbeginn wurde in Weidelgras im Mittel aller Untersuchungen ein Wert von  $138 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gefunden, der von Ampfer lag bei  $233 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit 69 % über dem von Gras (Tab. 4-31). Vergleichbare Werte wurden bei beiden Probenarten auch zum Zeitpunkt der Aussilierung gefunden. Die Rohproteingehalte der aus Gras und Ampfer bestehenden Modellsilagen veränderten sich proportional zur Zumischrate von Ampfer. Die Werte stiegen von  $140 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in der Variante mit einem Ampfer-Frischmasseanteil von 5 % bis auf  $166 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in der Mischung mit einem Ampfer-Frischmasseanteil von 40 %. Aus statistischer Sicht wurden aber selbst bei letztgenannter Variante keine Unterschiede zur Silage aus reinem Weidelgras festgestellt.

**Tab. 4-31:** Rohproteingehalt v. Gras u. Ampfer [ $\text{g*kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial u. den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		XP – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								
		AM		Silage						r <sup>2</sup>
	Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60	
SN	2007	164 <sub>a</sub>	196 <sub>a</sub>	184 <sub>a</sub>	197 <sub>a</sub>	196 <sub>a</sub>	182 <sub>a</sub>	185 <sub>a</sub>	180 <sub>a</sub>	0,51
	2008	203 <sub>ab</sub>	193 <sub>b</sub>	221 <sub>a</sub>	167 <sub>c</sub>	206 <sub>ab</sub>	209 <sub>ab</sub>	207 <sub>ab</sub>	209 <sub>ab</sub>	0,84
	2010	156 <sub>c</sub>	216 <sub>a</sub>	156 <sub>c</sub>	189 <sub>ab</sub>	163 <sub>bc</sub>	158 <sub>c</sub>	160 <sub>c</sub>	168 <sub>bc</sub>	0,86
TH	2007	102 <sub>de</sub>	231 <sub>a</sub>	109 <sub>cde</sub>	257 <sub>a</sub>	103 <sub>e</sub>	118 <sub>cd</sub>	123 <sub>c</sub>	146 <sub>b</sub>	0,99
	2008	135 <sub>c</sub>	276 <sub>a</sub>	141 <sub>c</sub>	250 <sub>a</sub>	135 <sub>c</sub>	147 <sub>bc</sub>	155 <sub>bc</sub>	172 <sub>b</sub>	0,97
	2010	126 <sub>cd</sub>	228 <sub>a</sub>	120 <sub>d</sub>	236 <sub>a</sub>	128 <sub>cd</sub>	128 <sub>cd</sub>	136 <sub>c</sub>	151 <sub>b</sub>	0,99
BY	2007	107 <sub>e</sub>	255 <sub>a</sub>	127 <sub>d</sub>	263 <sub>a</sub>	127 <sub>d</sub>	126 <sub>d</sub>	144 <sub>c</sub>	162 <sub>b</sub>	0,99
	2008	105 <sub>ef</sub>	273 <sub>a</sub>	95 <sub>g</sub>	251 <sub>b</sub>	99 <sub>fg</sub>	107 <sub>e</sub>	115 <sub>d</sub>	146 <sub>c</sub>	0,99
Gesamt (n= 18-24)		138 <sub>b</sub>	233 <sub>a</sub>	139 <sub>b</sub>	223 <sub>a</sub>	140 <sub>b</sub>	143 <sub>b</sub>	151 <sub>b</sub>	166 <sub>b</sub>	0,48

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Rohfett

Die mittleren Rohfettgehalte im Ausgangsmaterial von Gras lagen bei  $25 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit auf vergleichbarem Niveau wie die von Ampfer mit  $22 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Tab. 4-32). Die Relationen zwischen den einzelnen Standorten bzw. Jahren waren dabei inhomogen. Während die Rohfettgehalte von Ampfer in den Versuchen SN-2008 und

SN-2010 signifikant unter denen von Weidelgras lagen, wurde in den Versuchen TH-2007 und BY-2008 ein gegensätzliches Bild beobachtet. Während der 90-tägigen Lagerungsdauer kam es bei Weidelgras zu Veränderungen im Rohfettgehalt. In sechs der insgesamt acht Versuche wurde zur Aussilierung ein im Mittel um 56 % höherer Wert als zu Versuchsbeginn gefunden, im Maximum kam es dabei zu mehr als einer Verdoppelung des Ausgangswertes. Im Mittel aller vorliegenden Proben stieg der Rohfettgehalt von Weidelgras um 43 % auf 35 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Der mittlere Rohfettgehalt der Silage aus reinem Ampfer lag bei etwas geringerer Variabilität zwischen den Einzelversuchen mit einem Wert von 24 g\*kg TM<sup>-1</sup> auf dem Niveau der Ausgangsmaterialien. In den Mischungsvarianten der Modellsilagen veränderten sich die Rohfettgehalte im Wesentlichen entsprechend den jeweiligen Anteilen von Gras und Ampfer. Ampferanteile in der Frischmasse der Ausgangsmaterialien in Höhe von 5 %, 10 %, 20 % und 40 % führten zu einem Rückgang der XL-Gehalte von 2 %, 5 %, 11 % und 15 % gegenüber der Silage aus reinem Weidelgras. Bei der zuletzt genannten Variante wurde ein gesicherter Unterschied im Rohfettgehalt sowohl zur Grassilage als auch zur Silage aus reinem Ampfer festgestellt.

**Tab. 4-32:** Rohfettgehalt von Gras und Ampfer [g\*kg TM<sup>-1</sup>] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		XL – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								r <sup>2</sup>
		AM		Silage						
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2007	25 <sub>cde</sub>	16 <sub>de</sub>	40 <sub>a</sub>	18 <sub>e</sub>	39 <sub>ab</sub>	33 <sub>abc</sub>	31 <sub>bc</sub>	28 <sub>cd</sub>	0,92
	2008	30 <sub>b</sub>	13 <sub>c</sub>	38 <sub>a</sub>	14 <sub>c</sub>	36 <sub>a</sub>	35 <sub>a</sub>	30 <sub>b</sub>	27 <sub>b</sub>	0,98
	2010	29 <sub>b</sub>	20 <sub>c</sub>	33 <sub>ab</sub>	19 <sub>c</sub>	37 <sub>a</sub>	33 <sub>ab</sub>	32 <sub>ab</sub>	28 <sub>b</sub>	0,91
TH	2007	17 <sub>c</sub>	29 <sub>ab</sub>	32 <sub>a</sub>	27 <sub>b</sub>	26 <sub>b</sub>	29 <sub>ab</sub>	29 <sub>ab</sub>	28 <sub>ab</sub>	0,86
	2008	20 <sub>d</sub>	22 <sub>d</sub>	42 <sub>a</sub>	34 <sub>c</sub>	38 <sub>abc</sub>	40 <sub>ab</sub>	37 <sub>bc</sub>	35 <sub>bc</sub>	0,96
	2010	29 <sub>ab</sub>	27 <sub>ab</sub>	28 <sub>ab</sub>	25 <sub>b</sub>	30 <sub>a</sub>	29 <sub>a</sub>	27 <sub>ab</sub>	30 <sub>a</sub>	0,63
BY	2007	25 <sub>bc</sub>	22 <sub>c</sub>	36 <sub>a</sub>	28 <sub>bc</sub>	37 <sub>a</sub>	36 <sub>a</sub>	35 <sub>a</sub>	33 <sub>ab</sub>	0,87
	2008	18 <sub>c</sub>	25 <sub>b</sub>	32 <sub>a</sub>	31 <sub>a</sub>	32 <sub>a</sub>	32 <sub>a</sub>	31 <sub>a</sub>	31 <sub>a</sub>	0,91
Gesamt (n= 18-24)		25 <sub>c</sub>	22 <sub>c</sub>	35 <sub>a</sub>	24 <sub>c</sub>	35 <sub>a</sub>	33 <sub>ab</sub>	31 <sub>ab</sub>	30 <sub>b</sub>	0,50

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Rohfaser

Im Mittel aller Versuche lag der Rohfasergehalt von Weidelgras im Ausgangsmaterial bei 239 g\*kg TM<sup>-1</sup> und erhöhte sich während der 90-tägigen Silierdauer nur geringfügig um 2 % auf 244 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-33). Mit Ausnahme der 2007 und 2008 mit sächsischem Pflanzenmaterial durchgeführten Versuche lagen zum Versuchsbeginn die Rohfasergehalte von Ampfer jeweils signifikant unter denen von Weidelgras, im Mittel wurde dabei ein Wert von 164 g\*kg TM<sup>-1</sup> erreicht. Während der Lagerungsdauer verringerte sich der Rohfasergehalt der reinen Ampfersilagen im Mittel um 9 % auf dann 149 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Dieser Trend wurde mit Ausnahme des Versuches SN-2008 an allen Standorten bzw. in allen Versuchsjahren beobachtet, in drei Versuchen war dieser Rückgang darüber hinaus statistisch nachweisbar. Im Mittel aller Mischungsvarianten der Modellsilagen konnte der von den niedrigen Faserwerten des Ampfers induzierte Rückgang des Rohfasergehaltes bei einem Frischmasseanteil von 40 % gesichert werden (215 g\*kg TM<sup>-1</sup>). In den Versuchen SN-2010, TH-2007, TH-2010 und BY-2008 war bereits ab einem Ampfer-Frischmasseanteil von 20 % ein Rückgang im Gesamtrohfasergehalt gegenüber der jeweiligen Silage aus reinem Weidelgras nachweisbar.

**Tab. 4-33:** Rohfasergehalt von Gras und Ampfer [g\*kg TM<sup>-1</sup>] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		XF – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								r <sup>2</sup>
		AM		Silage						
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2007	262 <sub>a</sub>	203 <sub>ab</sub>	239 <sub>a</sub>	186 <sub>b</sub>	230 <sub>a</sub>	241 <sub>a</sub>	242 <sub>a</sub>	232 <sub>a</sub>	0,79
	2008	236 <sub>a</sub>	232 <sub>a</sub>	237 <sub>a</sub>	249 <sub>a</sub>	238 <sub>a</sub>	240 <sub>a</sub>	243 <sub>a</sub>	221 <sub>a</sub>	0,35
	2010	245 <sub>a</sub>	157 <sub>e</sub>	231 <sub>b</sub>	145 <sub>f</sub>	227 <sub>b</sub>	224 <sub>bc</sub>	217 <sub>c</sub>	200 <sub>d</sub>	0,99
TH	2007	251 <sub>ab</sub>	154 <sub>d</sub>	265 <sub>a</sub>	127 <sub>e</sub>	249 <sub>a</sub>	251 <sub>a</sub>	230 <sub>bc</sub>	227 <sub>c</sub>	0,99
	2008	232 <sub>ab</sub>	148 <sub>d</sub>	237 <sub>a</sub>	123 <sub>d</sub>	210 <sub>bc</sub>	219 <sub>abc</sub>	215 <sub>abc</sub>	201 <sub>c</sub>	0,96
	2010	235 <sub>a</sub>	149 <sub>d</sub>	235 <sub>a</sub>	128 <sub>e</sub>	230 <sub>ab</sub>	230 <sub>ab</sub>	219 <sub>b</sub>	204 <sub>c</sub>	0,99
BY	2007	239 <sub>ab</sub>	143 <sub>c</sub>	267 <sub>a</sub>	116 <sub>c</sub>	266 <sub>a</sub>	256 <sub>a</sub>	246 <sub>ab</sub>	230 <sub>b</sub>	0,99
	2008	232 <sub>ab</sub>	134 <sub>d</sub>	244 <sub>a</sub>	120 <sub>d</sub>	235 <sub>ab</sub>	234 <sub>ab</sub>	223 <sub>bc</sub>	207 <sub>c</sub>	0,99
Gesamt (n= 18-24)		239 <sub>a</sub>	164 <sub>c</sub>	244 <sub>a</sub>	149 <sub>c</sub>	236 <sub>ab</sub>	237 <sub>a</sub>	230 <sub>ab</sub>	215 <sub>b</sub>	0,69

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Säure (Acid) Detergentien Faser<sub>org</sub>

Der mittlere ADF<sub>org</sub>-Gehalt von Weidelgras lag im AM bei 251 g\*kg TM<sup>-1</sup> und stieg während der Silierung um 8 % auf 272 g\*kg TM<sup>-1</sup> an (Tab. 4-34). Beide Werte lagen jeweils signifikant über denen von Ampfer, die von 199 g\*kg TM<sup>-1</sup> im Ausgangsmaterial auf einen Wert von 218 g\*kg TM<sup>-1</sup> in der Silage anstiegen. Die Werte für reinen Ampfer des Versuches SN-2008 wurden aufgrund der starken Streuung und daraus resultierender Ungleichheit der Varianzen nicht in die Berechnung einbezogen. Der Anstieg im ADF<sub>org</sub>-Gehalt bei beiden Probenarten findet sich mit Ausnahme der Versuche SN-2010 bezüglich Gras und TH-2007 bezüglich Ampfer konstant bei allen Ergebnissen. Bei beiden Versuchen waren die Rückgänge statistisch nicht nachweisbar, so dass von der Vergleichbarkeit der Daten ausgegangen werden muss. Die mittleren ADF<sub>org</sub>-Gehalte der Mischungsvarianten der Modellsilagen lagen in allen Stufen unter dem mittleren Wert der Silage aus reinem Weidelgras. Die Stufen mit einem Ampfer-Frischmasseanteil im Ausgangsmaterial von 5 % bis 20 % unterschieden sich dabei nicht. Die Mischungsstufe mit dem höchsten Ampfer-Frischmasseanteil von 40 % hatte einen leicht niedrigeren ADF<sub>org</sub>-Gehalt von 259 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Trotz zahlenmäßig rückläufiger Werte konnte aus statistischer Sicht kein Unterschied zur Silage aus reinem Weidelgras nachgewiesen werden.

**Tab. 4-34:** ADF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras und Ampfer [g\*kg TM<sup>-1</sup>] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort	ADF <sub>org</sub> – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]									
	AM			Silage						r <sup>2</sup>
	Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60	
SN	2007	257 <sub>bc</sub>	257 <sub>bc</sub>	263 <sub>bc</sub>	296 <sub>a</sub>	261 <sub>c</sub>	271 <sub>bc</sub>	275 <sub>b</sub>	269 <sub>bc</sub>	0,87
	2008	254 <sub>d</sub>	298*	264 <sub>c</sub>	351*	268 <sub>bc</sub>	268 <sub>bc</sub>	282 <sub>a</sub>	273 <sub>b</sub>	0,95
	2010	261 <sub>a</sub>	210 <sub>c</sub>	255 <sub>ab</sub>	243 <sub>b</sub>	254 <sub>ab</sub>	254 <sub>ab</sub>	250 <sub>ab</sub>	243 <sub>b</sub>	0,95
TH	2007	262 <sub>bc</sub>	249 <sub>cd</sub>	298 <sub>a</sub>	227 <sub>d</sub>	279 <sub>ab</sub>	281 <sub>ab</sub>	267 <sub>bc</sub>	274 <sub>bc</sub>	0,94
	2008	239 <sub>ab</sub>	186 <sub>c</sub>	266 <sub>a</sub>	197 <sub>c</sub>	233 <sub>b</sub>	242 <sub>ab</sub>	245 <sub>ab</sub>	237 <sub>ab</sub>	0,89
	2010	243 <sub>a</sub>	184 <sub>c</sub>	254 <sub>a</sub>	211 <sub>b</sub>	259 <sub>a</sub>	258 <sub>a</sub>	248 <sub>a</sub>	238 <sub>a</sub>	0,92
BY	2007	264 <sub>c</sub>	184 <sub>d</sub>	308 <sub>a</sub>	211 <sub>d</sub>	301 <sub>ab</sub>	289 <sub>abc</sub>	295 <sub>abc</sub>	282 <sub>bc</sub>	0,98
	2008	245 <sub>b</sub>	184 <sub>c</sub>	267 <sub>a</sub>	193 <sub>c</sub>	267 <sub>a</sub>	262 <sub>ab</sub>	257 <sub>ab</sub>	253 <sub>ab</sub>	0,97
<b>Gesamt</b> (n= 18-24)		<b>251<sub>b</sub></b>	<b>199<sub>c</sub></b>	<b>272<sub>a</sub></b>	<b>218<sub>c</sub></b>	265 <sub>ab</sub>	266 <sub>ab</sub>	265 <sub>ab</sub>	259 <sub>ab</sub>	0,59

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

\* Rohmittelwerte, nicht inkludiert in Tukey's HSD Mittelwertvergleiche

## Neutrale Detergentien Faser<sub>org</sub>

Der mittlere NDF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras lag im Ausgangsmaterial bei 514 g\*kg TM<sup>-1</sup> und verringerte sich während der Silierung um 10 % auf 464 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab. 4-35). Ampfer hatte im Ausgangsmaterial mit 285 g\*kg TM<sup>-1</sup> einen um 45 % und damit signifikant geringeren Gehalt als Weidelgras. Dieser reduzierte sich während der Silierung um weitere 15 % auf 241 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Die Werte von reinem Ampfer des Versuches SN-2008 wurden wiederum wegen großer Streuung von der Berechnung ausgenommen. Der beschriebene Rückgang der NDF<sub>org</sub>-Gehalte bei beiden Probenarten wurde mit Ausnahme von BY-2007 bei Gras und TH-2010 bei Ampfer in allen Versuchen festgestellt. Im Versuch TH-2010 kam es zu einem Anstieg des NDF<sub>org</sub>-Gehaltes des Ampfers von 239 auf 268 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Die NDF<sub>org</sub>-Gehalte der Mischungsstufen der Modellsilagen reduzierten sich entsprechend der Mengenanteile von Gras und Ampfer und lagen im Wesentlichen unter dem Gehalt der reinen Grassilage. Im Mittel aller Versuche wurde ab einem Ampfer-Frischmasseanteil von 20 % mit einem Wert von 429 g\*kg TM<sup>-1</sup> ein statistisch gesicherter Unterschied gegenüber reinem Weidelgras nachgewiesen. Bei den Mischungsstufen mit 5 % bzw. 10 % Ampfer-Frischmasseanteil konnte der Unterschied im NDF<sub>org</sub>-Gehalt gegenüber der Grassilage nicht nachgewiesen werden.

**Tab. 4-35:** NDF<sub>org</sub>-Gehalt von Gras und Ampfer [g\*kg TM<sup>-1</sup>] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		NDF <sub>org</sub> – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								
		AM		Silage						r <sup>2</sup>
	Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60	
SN	2007	521 <sub>a</sub>	303 <sub>c</sub>	431 <sub>b</sub>	287 <sub>c</sub>	425 <sub>b</sub>	434 <sub>b</sub>	430 <sub>b</sub>	403 <sub>b</sub>	0,97
	2008	523 <sub>a</sub>	348*	431 <sub>b</sub>	372*	442 <sub>b</sub>	427 <sub>b</sub>	434 <sub>b</sub>	399 <sub>c</sub>	0,97
	2010	582 <sub>a</sub>	398 <sub>b</sub>	463 <sub>b</sub>	290 <sub>c</sub>	469 <sub>b</sub>	446 <sub>b</sub>	440 <sub>b</sub>	413 <sub>b</sub>	0,93
TH	2007	528 <sub>a</sub>	338 <sub>e</sub>	493 <sub>b</sub>	219 <sub>f</sub>	452 <sub>c</sub>	455 <sub>c</sub>	409 <sub>d</sub>	389 <sub>d</sub>	0,99
	2008	478 <sub>a</sub>	244 <sub>c</sub>	448 <sub>a</sub>	197 <sub>c</sub>	380 <sub>b</sub>	380 <sub>b</sub>	387 <sub>b</sub>	342 <sub>b</sub>	0,97
	2010	506 <sub>a</sub>	239 <sub>f</sub>	481 <sub>ab</sub>	268 <sub>e</sub>	492 <sub>ab</sub>	475 <sub>bc</sub>	450 <sub>cd</sub>	429 <sub>d</sub>	0,99
BY	2007	512 <sub>ab</sub>	217 <sub>d</sub>	518 <sub>a</sub>	204 <sub>d</sub>	502 <sub>ab</sub>	489 <sub>ab</sub>	472 <sub>b</sub>	423 <sub>c</sub>	0,99
	2008	477 <sub>a</sub>	259 <sub>d</sub>	450 <sub>b</sub>	220 <sub>e</sub>	443 <sub>b</sub>	438 <sub>b</sub>	409 <sub>c</sub>	394 <sub>c</sub>	0,99
Gesamt (n= 18-24)		514 <sub>a</sub>	285 <sub>e</sub>	464 <sub>b</sub>	241 <sub>f</sub>	451 <sub>bc</sub>	443 <sub>bc</sub>	429 <sub>cd</sub>	399 <sub>d</sub>	0,83

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

\* Rohmittelwerte, nicht inkludiert in Tukey's HSD Mittelwertvergleiche



## Lignin

Der mittlere Ligningehalt von Weidelgras lag im Ausgangsmaterial bei 24 g\*kg TM<sup>-1</sup> und erhöhte sich durch die Silierung geringfügig auf 28 g\*kg TM<sup>-1</sup> (Tab.4-36). In den Versuchen SN-2010, TH-2010 und BY-2008 kam es jedoch zu einer deutlichen Zunahme zwischen 31 % und 98 % des Ausgangswertes. Die Werte des Ausgangsmaterials von Ampfer lagen im Mittel bei 74 g\*kg TM<sup>-1</sup> und zeigten eine Bandbreite von 49 g\*kg TM<sup>-1</sup> in TH-2010 bis 221 g\*kg TM<sup>-1</sup> in TH-2007. Während der Silierung erhöhte sich der mittlere Ligningehalt der reinen Ampferproben auf 86 g\*kg TM<sup>-1</sup>, ohne sich jedoch aus statistischer Sicht vom Niveau des Ausgangsmaterials zu unterscheiden. Analog zur Probenart Gras sind mit Blick auf die Ergebnisse der Versuchsstandorte bzw. Jahre ebenfalls starke Zunahmen (SN-2010, TH-2010) als auch starke Rückgänge auffällig (TH-2007, BY-2008). Die Ligningehalte von Ampfer lagen statistisch gesichert nahezu immer über denen von Gras und wurden durch die Silierung im Mittel nur gering beeinflusst. Trotz des hohen Ligningehaltes der reinen Ampfersilagen wurde bei den Mischungsstufen der Modellsilagen nur ein moderater Anstieg der entsprechenden Werte im Vergleich zur reinen Grassilage festgestellt. Erst ab einer Beimischung von 40 % Ampfer-Frischmasseanteilen ergibt sich ein leicht erhöhter mittlerer Ligningehalt von 34 g\*kg TM<sup>-1</sup>, der jedoch aus statistischer Sicht keine Unterschiede zu den anderen Mischungsstufen oder zur Grassilage aufweist.

**Tab. 4-36:** Ligningehalt von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		Lignin – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								
		AM		Silage						r <sup>2</sup>
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2007	24 <sub>b</sub>	68 <sub>a</sub>	21 <sub>b</sub>	92 <sub>a</sub>	23 <sub>b</sub>	22 <sub>b</sub>	26 <sub>b</sub>	29 <sub>b</sub>	0,94
	2008	26 <sub>c</sub>	83 <sub>a</sub>	25 <sub>c</sub>	76 <sub>a</sub>	28 <sub>bc</sub>	28 <sub>bc</sub>	33 <sub>bc</sub>	38 <sub>b</sub>	0,96
	2010	25 <sub>d</sub>	77 <sub>b</sub>	49 <sub>bc</sub>	129 <sub>a</sub>	52 <sub>bc</sub>	47 <sub>c</sub>	42 <sub>c</sub>	41 <sub>c</sub>	0,92
TH	2007	26 <sub>bc</sub>	221 <sub>a</sub>	27 <sub>c</sub>	79 <sub>ab</sub>	26 <sub>c</sub>	26 <sub>c</sub>	26 <sub>c</sub>	30 <sub>c</sub>	0,88
	2008	20 <sub>b</sub>	50 <sub>a</sub>	22 <sub>b</sub>	51 <sub>a</sub>	21 <sub>b</sub>	21 <sub>b</sub>	21 <sub>b</sub>	24 <sub>b</sub>	0,97
	2010	28 <sub>b</sub>	49 <sub>b</sub>	37 <sub>b</sub>	148 <sub>a</sub>	40 <sub>b</sub>	31 <sub>b</sub>	51 <sub>b</sub>	54 <sub>b</sub>	0,84
BY	2007	22 <sub>c</sub>	117 <sub>a</sub>	25 <sub>c</sub>	128 <sub>a</sub>	26 <sub>bc</sub>	25 <sub>c</sub>	28 <sub>bc</sub>	28 <sub>b</sub>	0,99
	2008	20 <sub>d</sub>	85 <sub>a</sub>	27 <sub>cd</sub>	42 <sub>b</sub>	26 <sub>cd</sub>	26 <sub>cd</sub>	27 <sub>cd</sub>	30 <sub>c</sub>	0,96
Gesamt (n = 18-24)		24 <sub>c</sub>	74 <sub>a</sub>	28 <sub>bc</sub>	86 <sub>a</sub>	29 <sub>bc</sub>	27 <sub>bc</sub>	30 <sub>bc</sub>	34 <sub>b</sub>	0,66

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## N-freie Extraktstoffe

Im Ausgangsmaterial der reinen Grassilagen wurde ein mittlerer NfE-Gehalt von 522 g\*kg TM<sup>-1</sup> festgestellt (Tab. 4-37). Reiner Ampfer hatte zu Versuchsbeginn mit mittleren 477 g\*kg TM<sup>-1</sup> einen um knapp 9 % niedrigeren Gehalt. Während der Silierung verringerte sich der mittlere NfE-Gehalt von Gras geringfügig auf 500 g\*kg TM<sup>-1</sup>, der von Ampfer erhöhte sich um 5 % auf 504 g\*kg TM<sup>-1</sup>. Dieser Anstieg bei Ampfer war in allen Versuchen sichtbar und in SN-2010, TH-2008 sowie BY-2008 auch nachweisbar. Obwohl die Gesamtmittelwerte der NfE-Gehalte der reinen Gras- bzw. Ampfersilagen nahezu identisch waren, sind bei Betrachtung der Einzelversuche Unterschiede erkennbar. In allen sächsischen Versuchen lagen die Werte für Ampfer deutlich über denen von Gras, obwohl im Ausgangsmaterial nur geringe Differenzen festgestellt wurden. Die Mischungsstufen der sächsischen Modellsilagen zeigten dementsprechend einen jeweils kontinuierlichen Anstieg im NfE-Gehalt. Letztlich konnte aber nur im Versuch SN-2008 bei der Silage mit einem Ampfer-Frischmasseanteil von 40 % ein gesicherter Unterschied zur reinen Grassilage aufgezeigt werden. Ein gegensätzlicher Verlauf zeigte sich im Versuch BY-2008. Dort lag der NfE-Gehalt von Ampfer im Ausgangsmaterial und der Silage signifikant unter dem von Gras.

**Tab. 4-37:** NfE-Gehalt von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		NfE – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								r <sup>2</sup>
		AM		Silage						
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2007	481 <sub>ab</sub>	498 <sub>ab</sub>	465 <sub>b</sub>	506 <sub>a</sub>	461 <sub>b</sub>	471 <sub>b</sub>	469 <sub>b</sub>	484 <sub>ab</sub>	0,83
	2008	467 <sub>abc</sub>	480 <sub>ab</sub>	439 <sub>c</sub>	492 <sub>a</sub>	454 <sub>bc</sub>	453 <sub>bc</sub>	458 <sub>bc</sub>	476 <sub>ab</sub>	0,79
	2010	495 <sub>c</sub>	521 <sub>bc</sub>	507 <sub>bc</sub>	569 <sub>a</sub>	501 <sub>bc</sub>	512 <sub>bc</sub>	514 <sub>bc</sub>	527 <sub>b</sub>	0,85
TH	2007	562 <sub>a</sub>	482 <sub>c</sub>	518 <sub>bc</sub>	490 <sub>c</sub>	549 <sub>a</sub>	527 <sub>ab</sub>	544 <sub>ab</sub>	523 <sub>ab</sub>	0,90
	2008	530 <sub>a</sub>	426 <sub>b</sub>	494 <sub>a</sub>	488 <sub>a</sub>	532 <sub>a</sub>	506 <sub>a</sub>	502 <sub>a</sub>	497 <sub>a</sub>	0,76
	2010	531 <sub>a</sub>	502 <sub>b</sub>	530 <sub>a</sub>	519 <sub>ab</sub>	526 <sub>ab</sub>	527 <sub>ab</sub>	530 <sub>a</sub>	530 <sub>a</sub>	0,60
BY	2007	557 <sub>a</sub>	478 <sub>b</sub>	484 <sub>b</sub>	489 <sub>b</sub>	486 <sub>b</sub>	499 <sub>b</sub>	489 <sub>b</sub>	489 <sub>b</sub>	0,79
	2008	578 <sub>a</sub>	445 <sub>e</sub>	566 <sub>ab</sub>	485 <sub>d</sub>	569 <sub>ab</sub>	558 <sub>b</sub>	558 <sub>b</sub>	532 <sub>c</sub>	0,99
Gesamt (n = 18-24)		522 <sub>a</sub>	477 <sub>b</sub>	500 <sub>ab</sub>	504 <sub>ab</sub>	510 <sub>ab</sub>	507 <sub>ab</sub>	508 <sub>ab</sub>	507 <sub>ab</sub>	0,56

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

## Enzymlösliche organische Substanz

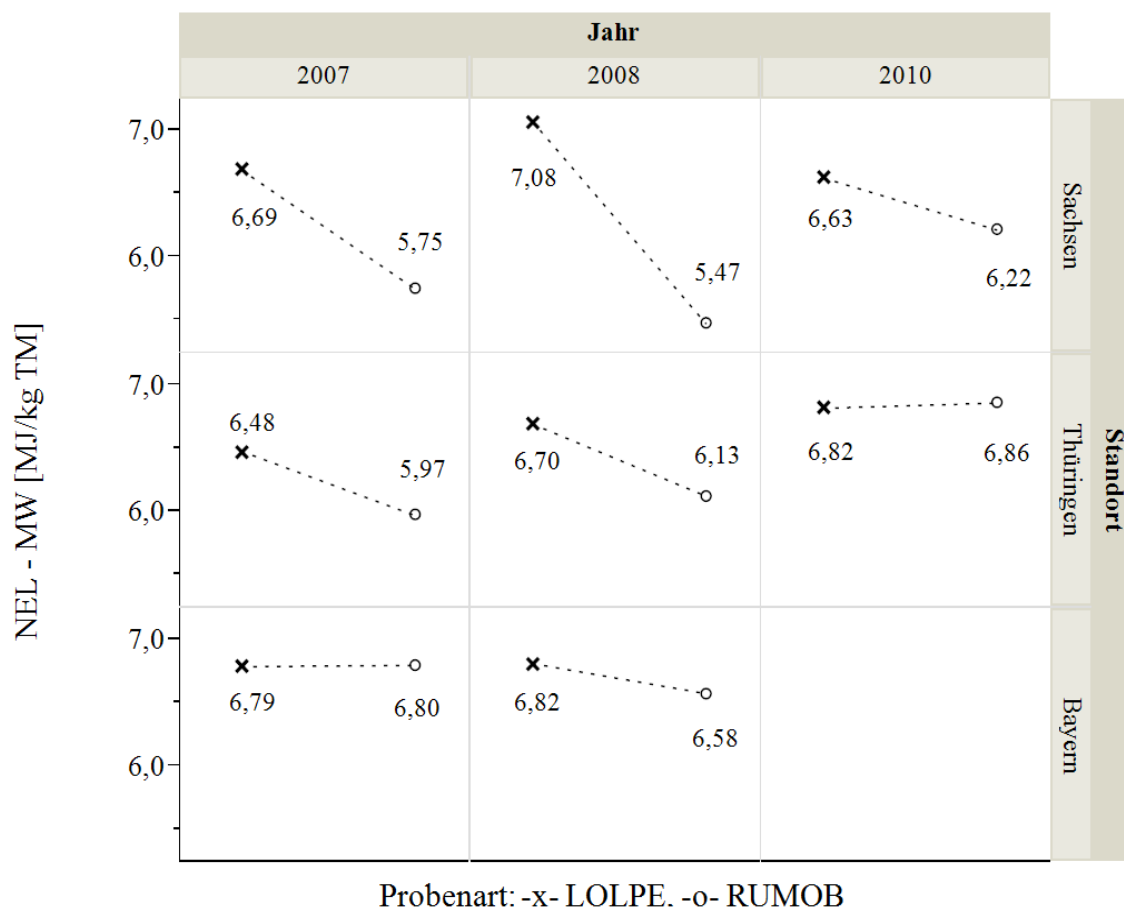
Die in-vitro-Verdaulichkeit von Weidelgras lag im Ausgangsmaterial zwischen  $740 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und  $805 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und erreichte im Mittel aller Versuche einen Wert von  $769 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Tab. 4-38). In drei Versuchen (SN-2008, TH-2010, BY-2007) verschlechterte sich die Verdaulichkeit während der Silierung signifikant, dies beeinflusste auch den Gesamtmittelwert, der jedoch mit  $729 \text{ g*kg TM}^{-1}$  nur tendenziell rückläufig war. Ampfer hatte bereits im Ausgangsmaterial aller Einzelversuche einen gegenüber Gras deutlich niedrigeren Gehalt an enzymlöslicher organischer Substanz. Der Gesamtmittelwert lag bei  $689 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit rund 10 % unter dem Wert von Gras. Während der Silierung kam es in allen sächsischen Versuchen sowie in TH-2010 und BY-2007 zu einem statistisch gesicherten Rückgang der ELOS-Werte von Ampfer, im Gegensatz dazu war im Versuch TH-2008 ein signifikanter Anstieg zu verzeichnen. Dass es sich dabei nicht um einen Analysenfehler handeln kann, zeigen die Werte der Mischsilagen dieses Versuches, bei denen bereits geringe Ampferanteile zu einer gegenüber reinem Weidelgras erhöhten Verdaulichkeit führten. Diese Beobachtung bestätigte sich in den sieben anderen Versuchen jedoch nicht, dort führte die Beimischung von Ampfer-FM-Anteilen von 5 % zu einer nur unbedeutenden Veränderung, während bereits 10 % Beimischung im Versuch SN-2010 bzw. 20 % im Versuch SN-2008 zu gesicherten Rückgängen im Vergleich zu den Werten der Grassilage führten. Die übrigen Versuche zeigten mit steigenden Ampfer-Frischmasseanteilen in den Mischsilagen entweder eine tendenzielle Verschlechterung der Verdaulichkeit oder einen indifferenten Verlauf. In der Zusammenfassung aller Ergebnisse ergab sich bei rein mathematischer Betrachtung und einem Ampfer-Frischmasseanteil von 5 % ein Anstieg der Verdaulichkeit um 1 %, bei 10 % Ampfer-Frischmasseanteil wurde wieder das Niveau der reinen Grassilage erreicht. Ab einem Ampfer-Frischmasseanteil von 20 % sank die in-vitro-Verdaulichkeit um 1,5 % auf  $718 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und bei einem Anteil von 40 % in der Frischmasse um 4 % auf  $699 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ab, ohne dabei statistisch unterschiedlich von reiner Grassilage zu sein. Der ELOS-Wert der reinen Ampfersilage lag bei  $627 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit 14 % unter dem Wert der reinen Grassilage. Dies resultiert einerseits aus der geringeren Verdaulichkeit des Ausgangsmaterials, andererseits kam es durch die Silierung zu einer mit 9 % stärkeren Reduktion als bei der Silierung von Gras, das dabei nur 5 % an in-vitro-Verdaulichkeit einbüßte.

**Tab. 4-38:** In-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer im AM und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit probit-transformierten Daten; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		ELOS – KQMW [g*kg TM <sup>-1</sup> ]								
		AM		Silage						r <sup>2</sup>
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2007	756 <sub>a</sub>	635 <sub>ab</sub>	723 <sub>a</sub>	478 <sub>c</sub>	735 <sub>a</sub>	707 <sub>a</sub>	668 <sub>ab</sub>	622 <sub>b</sub>	0,85
	2008	805 <sub>a</sub>	614 <sub>e</sub>	697 <sub>b</sub>	438 <sub>f</sub>	705 <sub>b</sub>	692 <sub>bc</sub>	665 <sub>cd</sub>	645 <sub>d</sub>	0,99
	2010	740 <sub>abc</sub>	677 <sub>e</sub>	768 <sub>a</sub>	606 <sub>f</sub>	753 <sub>ab</sub>	730 <sub>bcd</sub>	717 <sub>cd</sub>	696 <sub>de</sub>	0,95
TH	2007	742 <sub>a</sub>	639 <sub>cd</sub>	692 <sub>abc</sub>	632 <sub>d</sub>	690 <sub>abc</sub>	672 <sub>bcd</sub>	711 <sub>ab</sub>	665 <sub>cd</sub>	0,86
	2008	766 <sub>b</sub>	668 <sub>c</sub>	770 <sub>b</sub>	770 <sub>b</sub>	818 <sub>a</sub>	803 <sub>ab</sub>	788 <sub>ab</sub>	782 <sub>ab</sub>	0,90
	2010	761 <sub>a</sub>	755 <sub>ab</sub>	714 <sub>b</sub>	646 <sub>c</sub>	725 <sub>ab</sub>	725 <sub>ab</sub>	733 <sub>ab</sub>	721 <sub>ab</sub>	0,85
BY	2007	771 <sub>a</sub>	764 <sub>ab</sub>	692 <sub>c</sub>	684 <sub>c</sub>	705 <sub>c</sub>	714 <sub>bc</sub>	697 <sub>c</sub>	705 <sub>c</sub>	0,84
	2008	783 <sub>a</sub>	730 <sub>bc</sub>	765 <sub>ab</sub>	726 <sub>c</sub>	763 <sub>abc</sub>	763 <sub>abc</sub>	753 <sub>abc</sub>	738 <sub>bc</sub>	0,74
Gesamt (n = 18-24)		769 <sub>a</sub>	689 <sub>b</sub>	729 <sub>ab</sub>	627 <sub>cd</sub>	738 <sub>ab</sub>	727 <sub>ab</sub>	718 <sub>b</sub>	699 <sub>b</sub>	0,67

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

### Netto-Energie-Laktation



**Abb. 4-30:** Energiedichte-NEL von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial der Siliversuche; einfaktorielle Varianzanalyse mit probit-transformierten Daten; n = 3 (2007, n = 1)

Während die bisher beschriebenen Parameter der chemischen Zusammensetzung von Ampfer dem tieferen Verständnis der Inhaltsstoffe, den Wechselwirkungen zwischen den Probenarten sowie deren Wert aus ernährungsphysiologischer Sicht von Bedeutung sind, kommt dem Energiegehalt im Rahmen des zu entwickelnden Modells zur ökonomischen Bewertung von Ampfer eine zentrale Rolle zu.

Zunächst sollen daher die Ausgangsmaterialien der Silierversuche in Bezug auf ihre Energiedichte näher betrachtet werden, dabei ist zu beachten, dass den Analysenwerten der Ausgangsmaterialien des Jahres 2007 nur jeweils eine Wiederholung und ab 2008 durchgängig drei Wiederholungen zu Grunde liegen (Abb. 4-30). Im ersten Versuchsjahr wurden bei Gras NEL-Gehalte zwischen 6,48 und 6,79 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> attestiert. Die zugehörigen Werte von Ampfer lagen zwischen 5,75 und 6,80 MJ\*kg TM<sup>-1</sup>. Dabei lagen in den Versuchen SN-2007 und TH-2007 Weidelgras und Ampfer um den Betrag von 0,94 bzw. 0,51 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> auseinander, während im Versuch BY-2007 zwischen beiden Probenarten kein Unterschied festgestellt wurde. Im Versuchsjahr 2008 lagen die Energiedichten von Gras im Bereich zwischen 6,70 und 7,08 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> und damit über denen des Vorjahres. Im Versuch SN-2008 wurde dabei mit 1,61 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> der größte Differenzbetrag zwischen den Probenarten der Versuchsserie beobachtet. Im Versuch TH-2008 lag der Wert von Ampfer um 0,57 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> und damit ebenfalls signifikant unter dem von Gras. Der Versuch BY-2008 zeigte mit Werten von 6,82 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> für Gras und 6,58 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> für Ampfer aus statistischer Sicht keinen Unterschied. Ebenfalls kein Unterschied im Energiegehalt wurde zwischen den Ausgangsmaterialien des Versuches TH-2010 festgestellt. Im Versuch SN-2010 lag die Energiedichte von Weidelgras bei 6,63 MJ\*kg TM<sup>-1</sup>, Ampfer erreichte einen Wert von 6,22 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> und lag damit knapp aber dennoch statistisch gesichert um 0,41 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> unter dem von Gras.

In den acht durchgeführten Silierversuchen hatte Ampfer im Ausgangsmaterial einen NEL-Gehalt, der zwischen 0,01 und 1,61 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> unter dem von Gras lag, in drei Fällen konnte dabei aus statistischer Sicht kein Unterschied zwischen den Probenarten festgestellt werden. Im Mittel aller Versuche lag der Wert von Ampfer bei 6,24 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> und damit 0,54 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> unter dem entsprechenden Wert von Weidelgras (Tab. 4-39). Während der 90-tägigen Silierdauer waren bei reinem Weidelgras nur geringe Rückgänge im NEL-Gehalte um 2 % auf 6,64 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> zu verzeich-

nen, der mittlere Wert von Ampfer hingegen verringerte sich um 6,25 % von 6,24 auf 5,85 MJ\*kg TM<sup>-1</sup>. Rechnerisch ist der Rückgang der Energiedichte von Ampfer auf die signifikanten Unterschiede in allen sächsischen Versuchen, sowie in TH-2010 und BY-2007 zurückzuführen. Im Falle des Versuches TH-2008 kam es während der Silierung zu einer statistisch gesicherten Zunahme der Energiedichte von Ampfer von 6,13 auf 6,99 MJ\*kg TM<sup>-1</sup>, dies dürfte in direktem Zusammenhang mit dem beobachteten Anstieg der Verdaulichkeit stehen. Der durch die Zumischung von Ampfer induzierte Rückgang im Energiegehalt gegenüber Grassilage lässt sich ab einem Ampfer-Frischmasseanteil von 40 % sicher nachweisen. Auf dieser Mischungsstufe wurde ein mittlerer NEL-Gehalt von 6,38 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> registriert. Dieses Ergebnis wird wesentlich durch die Versuche SN-2007, SN-2008 und SN-2010 beeinflusst, in denen bereits ab einem Ampfer-Frischmasseanteil von 20 % ein gesicherter Unterschied zu Silage aus reinem Weidelgras zu beobachten war. In keinem der verbleibenden Versuche wurde hingegen selbst bei einem Ampferanteil von 40 % ein ähnlicher Unterschied festgestellt.

**Tab. 4-39:** Energiedichte-NEL von Gras und Ampfer im AM und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit probit-transformierten Daten; n = 3 (AM 2007, n = 1)

Standort		NEL – KQMW [MJ*kg TM <sup>-1</sup> ]								r <sup>2</sup>
		AM		Silage						
Jahr	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60		
SN	2007	6,69 <sub>ab</sub>	5,75 <sub>c</sub>	6,71 <sub>a</sub>	4,74 <sub>d</sub>	6,76 <sub>a</sub>	6,47 <sub>ab</sub>	6,19 <sub>bc</sub>	5,87 <sub>c</sub>	0,97
	2008	7,08 <sub>a</sub>	5,47 <sub>d</sub>	6,51 <sub>b</sub>	4,36 <sub>e</sub>	6,52 <sub>b</sub>	6,43 <sub>b</sub>	6,14 <sub>c</sub>	5,99 <sub>c</sub>	0,99
	2010	6,63 <sub>ab</sub>	6,22 <sub>c</sub>	6,91 <sub>a</sub>	5,70 <sub>d</sub>	6,89 <sub>a</sub>	6,68 <sub>ab</sub>	6,58 <sub>b</sub>	6,40 <sub>bc</sub>	0,94
TH	2007	6,48 <sub>ab</sub>	5,97 <sub>cd</sub>	6,29 <sub>abc</sub>	5,95 <sub>d</sub>	6,26 <sub>abc</sub>	6,17 <sub>a-d</sub>	6,46 <sub>a</sub>	6,12 <sub>bcd</sub>	0,83
	2008	6,70 <sub>b</sub>	6,13 <sub>c</sub>	7,02 <sub>ab</sub>	6,99 <sub>ab</sub>	7,36 <sub>a</sub>	7,25 <sub>a</sub>	7,09 <sub>a</sub>	7,04 <sub>ab</sub>	0,92
	2010	6,82 <sub>ab</sub>	6,86 <sub>a</sub>	6,48 <sub>b</sub>	6,07 <sub>c</sub>	6,57 <sub>ab</sub>	6,55 <sub>ab</sub>	6,59 <sub>ab</sub>	6,58 <sub>ab</sub>	0,80
BY	2007	6,79 <sub>a</sub>	6,80 <sub>a</sub>	6,31 <sub>b</sub>	6,33 <sub>b</sub>	6,43 <sub>ab</sub>	6,51 <sub>ab</sub>	6,35 <sub>b</sub>	6,40 <sub>b</sub>	0,91
	2008	6,82 <sub>a</sub>	6,58 <sub>a</sub>	6,88 <sub>a</sub>	6,67 <sub>a</sub>	6,87 <sub>a</sub>	6,87 <sub>a</sub>	6,79 <sub>a</sub>	6,67 <sub>a</sub>	0,53
Gesamt (n = 18-24)		6,78 <sub>a</sub>	6,24 <sub>cd</sub>	6,64 <sub>ab</sub>	5,85 <sub>d</sub>	6,71 <sub>ab</sub>	6,61 <sub>b</sub>	6,52 <sub>bc</sub>	6,38 <sub>c</sub>	0,60

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ )

#### 4.2.4 Mineralstoffe und Spurenelemente

Im Ausgangsmaterial und den Silagen wurden oft nur geringe Unterschiede im Mineralstoff- und Spurenelementgehalt der reinen Weidelgras- bzw. Ampferproben gefunden. In wenigen Fällen waren diese Unterschiede zwar statistisch nachweisbar, dennoch zeigten die Werte aus praxisrelevanter Sicht oft nur geringe Differenzen (Tab. 4-40). Die Mengen der Mineralstoffe bzw. Spurenelemente der Mischungsstufen der Modellsilagen setzen sich anteilig aus den entsprechenden Gehalten der Gras- und Ampferproben zusammen und weisen daher geringere als die zwischen den reinen Probenarten bestehenden Unterschiede auf. Auf die Darstellung der Werte der Mischungsstufen wurde daher aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet. Die Einflüsse von Standort und Jahr wurden in die varianzanalytische Verrechnung einbezogen, auf die detaillierte Darstellung aber ebenso verzichtet. Die entsprechenden Rohmittelwerte sind im Anhang in den Tabellen X und Tab. XI aufgelistet.

**Tab. 4-40:** Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen im AM und der Silage der reinen Gras- und Ampferproben der Modellsilierversuche; mehrfaktorielle Varianzanalyse; Standort und Jahr als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; AM n = 18, SL n = 24

Mineralstoffe [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	AM – KQMW		SL – KQMW		Ort P	Jahr P	r <sup>2</sup>
	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB			
<b>Ca</b>	5,4	5,4	5,8	5,0	n.s.	*	0,69
<b>P</b>	3,3 <sub>b</sub>	4,4 <sub>a</sub>	3,5 <sub>b</sub>	4,6 <sub>a</sub>	n.s.	**	0,86
<b>Mg</b>	1,7 <sub>b</sub>	3,8 <sub>a</sub>	1,6 <sub>b</sub>	4,4 <sub>a</sub>	n.s.	n.s.	0,96
<b>K</b>	24 <sub>b</sub>	38 <sub>a</sub>	26 <sub>b</sub>	38 <sub>a</sub>	***	n.s.	0,91
<b>Na</b>	0,9	0,1	0,8	0,1	n.s.	n.s.	0,90
<b>Cl</b>	5,9	3,9	6,2	3,7	n.s.	n.s.	0,93
<b>S</b>	2,1	2,5	2,1	2,6	n.s.	n.s.	0,73
<b>DCAB</b> [mEq*kg TM <sup>-1</sup> ]	283	716	305	724	n.s.	n.s.	0,93
<b>Spurenelemente</b> [mg*kg TM <sup>-1</sup> ]							
<b>Cu</b>	5,9	6,6	6,2	7,0	n.s.	n.s.	0,79
<b>Fe</b>	88	127	95	149	n.s.	n.s.	0,73
<b>Mn</b>	99	87	100	91	n.s.	n.s.	0,81
<b>Zn</b>	26 <sub>b</sub>	32 <sub>b</sub>	88 <sub>a</sub>	128 <sub>a</sub>	n.s.	n.s.	0,67

Innerhalb jeder Zeile kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede ( $\alpha = 0,05$ ) log-Datentransformation für die Elemente Mg, K, Na, Fe

In den Ausgangsmaterialien der Siliversionen wurden **Kalziumgehalte** der reinen Probenarten von jeweils  $5,4 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gefunden. Während der Silierung kam es bei Gras im Mittel aller Versuche zu einer leichten Erhöhung auf  $5,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , während sich der Gehalt des Ampfers auf  $5,0 \text{ g*kg TM}^{-1}$  verringerte. Aus statistischer Sicht bestanden keinen Unterschiede zwischen den genannten Werten. Der Faktor Jahr übte einen nachgewiesenen Einfluss auf die Kalziumgehalte der Probenarten aus.

Der mittlere **Phosphorgehalt** von Gras lag vor Beginn der Silierung bei  $3,3 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , für Ampfer wurde mit  $4,4 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ein signifikant um 30 % höherer Gehalt gefunden. Bei beiden Probenarten kam es während der Silierung zu einer geringfügigen Erhöhung der analysierten Werte um jeweils  $0,2 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Die Unterschiede im Phosphorgehalt der Probenarten wurden durch den Faktor Jahr gesichert beeinflusst.

Der **Magnesiumgehalt** von Weidelgras lag im Ausgangsmaterial bei einem mittleren Wert von  $1,7 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und reduzierte sich leicht auf  $1,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in der Silage. Demgegenüber wurde bereits in der Ampferfrischmasse mit  $3,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ein doppelt so hoher Magnesiumgehalt festgestellt, der sich im Laufe der Konservierung um mehr als 15 % auf  $4,4 \text{ g*kg TM}^{-1}$  erhöhte.

Bei den **Kaliumgehalten** der Ausgangsmaterialien von Weidelgras und Ampfer wurden ebenfalls signifikante Unterschiede nachgewiesen. Gras hatte einen Gehalt von  $24 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , für Ampfer wurde mit  $38 \text{ g*kg TM}^{-1}$  ein um knapp 60 % höherer Wert analysiert. Bei beiden Probenarten wurden am Ende der Lagerungsdauer nur geringe Veränderungen gegenüber dem Niveau der Ausgangsstoffe festgestellt. Der Faktor Standort hatte auf die genannten Mittelwertunterschiede einen deutlichen Einfluss.

Der **Natriumgehalt** von Weidelgras lag im Ausgangsmaterial bei  $0,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und in der Silage bei  $0,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit zu beiden Terminen über dem von Ampfer, der sich mit einem Wert von  $0,1 \text{ g*kg TM}^{-1}$  als deutlich natriumärmer zeigte.

Der mittlere **Chlorgehalt** von Gras lag ebenfalls über dem von Ampfer. Im Ausgangsmaterial wurde bei Gras ein Wert von  $5,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  bestimmt, der sich durch die Silierung nur unwesentlich auf  $6,2 \text{ g*kg TM}^{-1}$  erhöhte. Ampfer enthielt im Ausgangsmaterial  $3,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und in der Silage  $3,7 \text{ g*kg TM}^{-1}$ .

Der mittlere **Schwefelgehalt** von Weidelgras lag unabhängig von der Konservierung bei konstant  $2,1 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Im Ampfer wurden mit  $2,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$  im Ausgangsmaterial, bzw. mit  $2,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in der Silage leicht höhere Werte festgestellt.



Für die Ausgangsmaterialien und die Silagen wurde die **Futter-Kationen-Anionen-Differenz** analog zur Ergebnisdarstellung unter Gliederungspunkt 4.1.4 berechnet. Bei Weidelgras wurde dabei im Ausgangsmaterial ein DCAB-Wert von  $283 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$  ermittelt, der sich während der Konservierung nur geringfügig auf  $305 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$  erhöhte. Demgegenüber wurde für Ampfer im Ausgangsmaterial mit  $716 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$  ein 2,5-fach höherer Wert berechnet, der sich durch die Silierung nicht veränderte. Die Unterschiede waren statistisch jedoch nicht nachweisbar, ebenso bestand kein Einfluss der Faktoren Standort bzw. Jahr auf das Ergebnis.

Die durchschnittlichen **Kupfergehalte** der Ausgangsmaterialien unterschieden sich nur geringfügig. Bei Gras wurde im AM ein mittlerer Gehalt von  $5,9 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  und in der Silage von  $6,2 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  ermittelt. Der Wert im Ausgangsmaterial von Ampfer lag bei  $6,6 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  und zeigte in der Silage mit  $7,0 \text{ mg *kg TM}^{-1}$  vergleichbare Werte.

Der **Eisengehalt** von Gras lag zu Beginn der Silierversuche im Mittel der Ergebnisse bei  $88 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  und erhöhte sich während der Konservierung geringfügig auf  $95 \text{ mg*kg TM}^{-1}$ . Ampfer hatte zu Versuchsbeginn einen mittleren Eisengehalt von  $127 \text{ mg*kg TM}^{-1}$ , dieser erhöhte sich während der Konservierung auf  $149 \text{ mg*kg TM}^{-1}$ . Die Unterschiede im Eisengehalt der Probenarten waren aus statistischer Sicht nicht absicherbar.

Der mittlere **Mangangehalt** in den Ausgangsmaterialien von Gras und Ampfer lag bei 99 bzw.  $87 \text{ mg*kg TM}^{-1}$ . In den Silagen der beiden Probenarten wurden mit 100 bzw.  $91 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  unveränderte Werte gefunden.

Die **Zinkgehalte** von Gras und Ampfer lagen zu Versuchsbeginn mit  $26 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  bzw.  $32 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  auf vergleichbarem Niveau. Bei beiden Probenarten kam es während der Konservierung zu einer starken und signifikanten Zunahme des Zinkgehaltes. Dieser stieg bei Gras um das 3,3-fache auf  $88 \text{ mg*kg TM}^{-1}$  und bei Ampfer um das 4-fache auf  $128 \text{ mg*kg TM}^{-1}$ . Aus statistischer Sicht bestand kein Unterschied im Zinkgehalt der Gras- bzw. Ampfersilage. Von den Faktoren Standort bzw. Jahr ging dabei kein nachweisbarer Einfluss aus.

## 5 Diskussion

### 5.1 Bewertung der Erhebungsverfahren

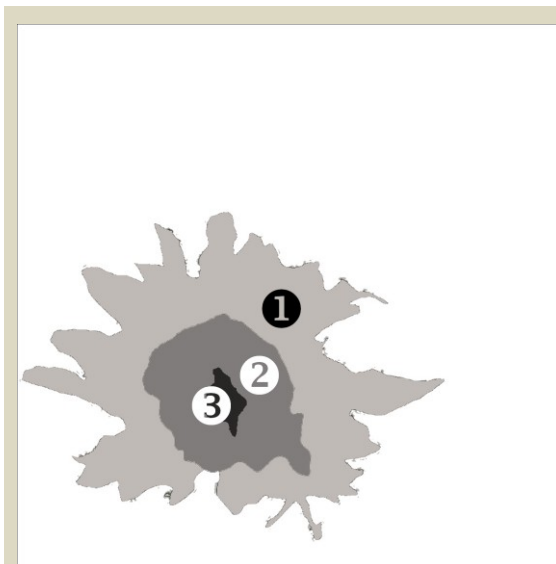
Die von der Landwirtschaftsberatung in Deutschland verwendeten Bekämpfungsrichtwerte für *R. obtusifolius* beziehen sich auf Ertragsanteile in Prozent bzw. die Individuenzahl pro Flächeneinheit (Tab. 2-1). Zur Bestimmung des Ertragsanteils ist zunächst der eingenommene Flächenanteil zu schätzen, weiterhin sind Kenntnisse über den spezifischen Ertrag und den TS-Gehalt von Ampfer in Relation zum übrigen Bestand erforderlich. Beim praktizierenden Landwirt dürfte dieses Wissen eher nicht vorhanden sein, so dass der Ertragsanteil von ihm vermutlich nur schwer zu bestimmen ist. Im Rahmen von ökonomischen Berechnungen sind dennoch die Kenntnis des Ertragsanteils zur Bewertung der Erntemasse und parallel dazu die dafür beanspruchte Größe der Grundfläche erforderlich. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob es möglich ist den Ertragsanteil vom gemessenen Ampfer-Deckungsgrad unter Einbeziehung empirisch gewonnener Daten zur Trockenmasse-Ertragsleistung von Ampfer abzuleiten.

Unter Zuhilfenahme des von TRAXLER (1997) beschriebenen Fausttricks oder eines Boniturrahmens mit Dezimalteilung (Abb. 3-1) bringt die **Schätzung des Deckungsgrades** hinreichend genaue Ergebnisse. Die für die einzelnen Erhebungsquadrate geschätzten Deckungsgrade wurden unter Anwendung eines angepassten fotometrischen Verfahrens auf ihre Genauigkeit überprüft, die Ergebnisse sind in Abbildung 4-1 und Tabelle 4-1 dargestellt. Bis zu einem Deckungsgrad von 5 % kam es einer geringfügigen Überschätzung der Flächenanteile von im Mittel 0,6 %, bei stärkerem Befall hingegen zu einer leichten Unterschätzung des Befalls. Beide Abweichungen können aus praktischer Sicht als unerheblich eingestuft werden. Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,947$  ergab sich für die erhobenen Daten ein sehr enger Zusammenhang zwischen visuell geschätztem und fotometrisch gemessenem Deckungsgrad (Tab. 5-1). Die visuelle Flächenanteilsschätzung kann damit nicht nur schnell, sondern mit ausreichender Genauigkeit auch ohne besondere Vorkenntnisse durchgeführt werden.

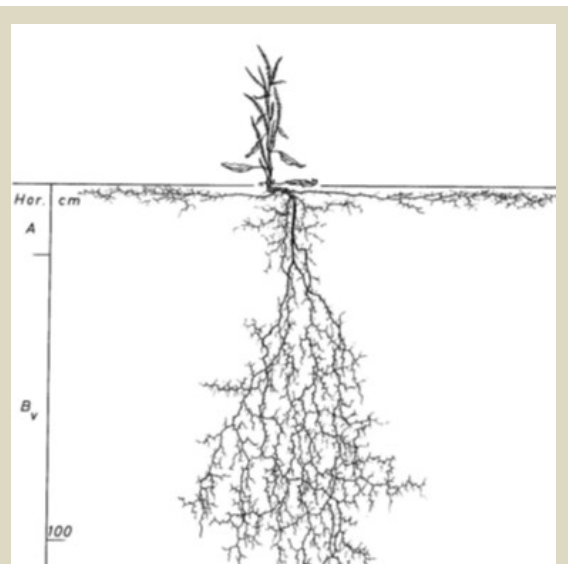
Wie unter Punkt 2.2 dargelegt, wird von der Mehrzahl der Autoren der geschätzte oder unter Verwendung von technischen Hilfsmitteln gemessene Deckungsgrad zur quantitativen Ermittlung der Bestandszusammensetzung herangezogen. Die dabei ermittelte projektive Deckung beschreibt sehr gut die herrschenden Dominanzverhältnisse im

Grünlandbestand. Nach SCHECHTNER (1957) beschreibt die **wahre Deckung** den Flächenanteil, der von der Pflanzenbasis eingenommen wird. Dieser ist jedoch nur durch Eingriffe in den Bestand und damit schwieriger als die projektive Deckung zu ermitteln und gibt nach Meinung des Autors auch ein weniger aussagekräftiges Abbild wieder. Andererseits wächst trotz des dichten Blattschlusses und der damit einhergehenden starken Beschattung auch unterhalb der Blätter, wenn auch deutlich eingeschränkt, noch Gras, welches bei alleiniger Betrachtung der von oben sichtbaren Ampfer-Deckung nicht berücksichtigt werden würde.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde in Einzelfällen das Verhältnis zwischen wahrer und projektiver Deckung ermittelt. Die Abbildung 5-1 zeigt exemplarisch die von einer Ampferpflanze abgedeckten Grundflächen. Es handelt sich dabei um das Erhebungsquadrat Nr. 575 am Standort Clausnitz, 2009, dritter Aufwuchs. Der gemessene projektive Ampfer-Deckungsgrad beträgt 22,3 %, während die Grundfläche der Pflanzenbasis an der Bodenoberfläche mit 0,6 % nur einen Bruchteil dessen ausmacht. Darüber hinaus wurde regelmäßig, insbesondere bei größeren Pflanzen, im Bereich der Pflanzenbasis eine Zone ohne jeglichen Pflanzenwuchs beobachtet. Dies ist vermutlich auf die vollständige Beschattung nach dem Austrieb von *R. obtusifolius* zurückzuführen, möglicherweise auch auf das Wirken der von ZALLER (2006) beschriebenen allelopathischen Effekte.



**Abb. 5-1:** ① = projektive Deckung einer Ampferpflanze), ③ = wahre Deckung, ② = unbewachsener Bereich, Erhebungsquadrat Nr. 575, 1 m<sup>2</sup>

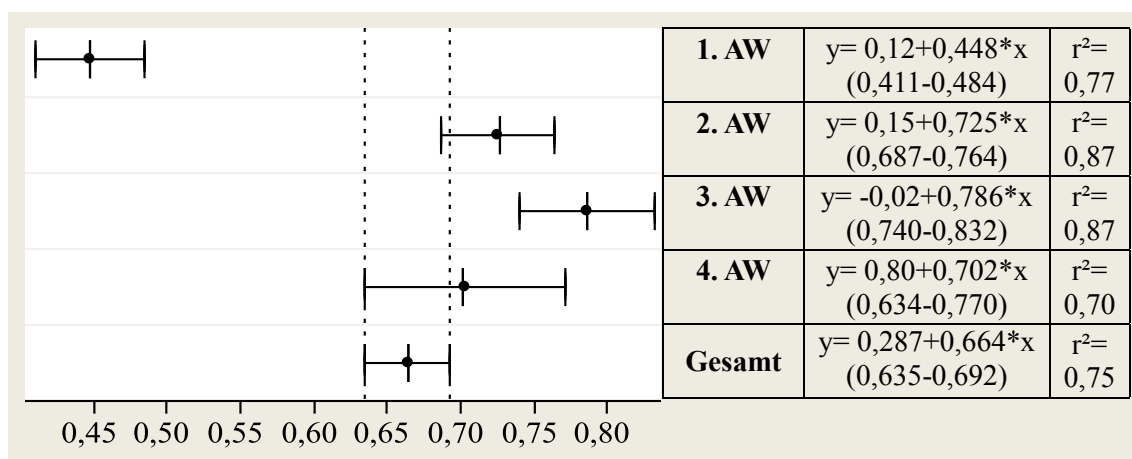


**Abb. 5-2:** Bewurzelung von *R. obtusifolius* im oberflächennahen Bereich (nach: KUTSCHERA & LICHTENEGER, 1992)

Im genannten Beispiel hat dieser Bereich eine Grundfläche von rund 6 %, bezogen auf die Erhebungsfläche von einem Quadratmeter. Im zeitigen Frühjahr oder nach vorangegangenen Futterschnitt liegt diese Fläche frei, wird jedoch mit dem Einsetzen des Massenwachstums der Ampferpflanze vollständig beschattet. Im verbleibenden Bereich der Zone 1 wächst bei zunehmender Beschattung dennoch Gras, allerdings mit einem gegenüber dem umgebenden Bestand visuell erkennbaren deutlich reduzierten Ertragsniveau. Nach KUTSCHERA & LICHTENEGGER (1992) durchwurzelt *R. obtusifolius* im A-Bodenhorizont ein Gebiet, das deutlich über den von den Blättern der jeweiligen Pflanze abgedeckten Bereich hinausgeht (Abb. 5-2), dabei werden dem dort siedelnden Gras Wasser und Nährstoffressourcen entzogen. *R. obtusifolius* besitzt wie von mehreren Autoren beschrieben eine ausgeprägte Kampfkraft und kann in Abhängigkeit von der eigenen Lebensdauer auch größere Flächen zusammenhängend besiedeln und dabei den bisherigen Bewuchs vollständig zurückdrängen. Es wird daher vermutet, dass der anteilige Grasertrag im Bereich der projektiven Ampferdeckung durch einen Ertragsrückgang des umgebenden Grasbestandes kompensiert wird, so dass der Deckungsgrad einen geeigneten Maßstab zur quantitativen Bewertung der Schadwirkung von *R. obtusifolius* im Wirtschaftsgrünland darstellen kann.

Die Beziehung zwischen Ampfer-Deckungsgrad und dem ermittelten TM-Ertragsanteil von Ampfer am Gesamtertrag ist in den Abbildungen 4-3 für den Standort Clausnitz, 4-4 für Gahma und 4-5 für Marbach dargestellt. Die Regressionkoeffizienten der Anpassung des Ertragsanteils über dem Deckungsgrad liegen an allen drei Standorten innerhalb des Konfidenzintervalls der Anpassungsgerade für die Gesamtheit aller Erhebungen, damit bestehen diesbezüglich zwischen den Standorten keine wesentlichen Unterschiede. Deutliche Abweichungen traten jedoch zwischen den einzelnen Aufwüchsen auf, diese werden daher im Folgenden nochmals zusammengefasst dargestellt (Abb. 5-3). Die Zunahme des Ampfer-Deckungsgrades um ein Prozent führte im ersten Aufwuchs zu einem Anstieg des Ampfer-Ertragsanteils von 0,45 %. Im dritten Aufwuchs entsprach die Zunahme des Deckungsgrades von einem Prozent einem deutlich höheren Anstieg von 0,79 % am Gesamt-TM-Ertrag. Im zweiten und vierten Aufwuchs näherte sich die Beziehung den Werten der Regressionsgleichung über alle im Rahmen der vorliegenden Arbeit erhobenen Daten an.

Der Ertragsanteil von Ampfer hängt bei einem gegebenen Deckungsgrad von der spezifischen Biomasseproduktion in Relation zum Ertragsniveau des restlichen Bestandes ab. Unter der noch zu überprüfenden Annahme einer im Jahresverlauf gleichbleibend stabilen Biomassebildung von Ampfer würden hohe Graserträge zu fallenden und niedrige Graserträge zu steigenden Ertragsanteilen bei konstantem Ampfer-Deckungsgrad führen. Ausgehend von den Ampfer- und Gras-TM-Erträgen der Erhebungsflächen (Tab. 3-4) entfiel im Mittel der Standorte und Jahre mit 35,2 % der höchste Anteil am Gesamtjahresertrag auf den ersten Aufwuchs, entsprechend niedrig war der prozentuale Anteil von Ampfer. Auf den zweiten und dritten Aufwuchs entfielen Anteile am Jahres-Gesamtertrag von 25,7 % bzw. 21,8 %. Parallel zu diesem Ertragsrückgang stieg der prozentuale Ertragsanteil von Ampfer am Gesamtertrag an.



**Abb. 5-3:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x) pro Aufwuchs, Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße

Auf die Wechselwirkungen zwischen Ampfer-Deckungsgrad und den realisierten TM-Erträgen von Gras und Ampfer wird unter Gliederungspunkt 5.2 näher eingegangen. Sowohl bei den über die Standorte und Jahre gemittelten Aufwüchsen, als auch im Mittel aller Erhebungen lagen mit Bestimmtheitsmaßen zwischen  $r^2 = 0,70$  und  $r^2 = 0,87$  durchweg hohe Abhängigkeiten der Ampfer-Ertragsanteile vom jeweiligen Deckungsgrad vor (Abb. 5-3). Eine parallel durchgeführte Korrelationsanalyse (Tab. 5-1) ergab mit einem Wert von  $r = 0,86$  für die fotometrisch gemessenen und mit  $r = 0,80$  für die visuell geschätzten Ampfer-Deckungsgrade ebenfalls einen hohen Zusammenhang zum TM-Ertragsanteil von Ampfer am Gesamtbestand.

**Tab. 5-1:** Zusammenhang zwischen Ampfer-TM-Ertragsanteil [%], Anzahl Pflanzen\*m<sup>-2</sup> und Deckungsgrad [%], Pearson-Korrelationskoeffizienten , n=719

<b>RUMOB TM-Ertragsanteil</b>	0,346	0,800	0,860
	<b>Anzahl Pflanzen</b>	0,517	0,409
		<b>RUMOB DG-geschätzt</b>	0,947
			<b>RUMOB DG-gemessen</b>

Auf Basis der vorliegenden Daten kann somit sicher vom Deckungsgrad des Ampfers auf dessen prozentualen Anteil am Gesamt-TM-Ertrag geschlossen werden. Auch HIMSTEDT & WACHENDORF (2009) ermittelten ausgehend von einer bildanalytischen Flächenanteilsschätzung sehr hohe Abhängigkeiten zwischen Deckungsgrad und Ertragsanteilen von unterschiedlichen Leguminosen in Grasbeständen.

Im Rahmen des zu erarbeitenden Modells zur Schadwirkung von *R. obtusifolius* können die beobachteten Unterschiede zwischen den Aufwüchsen vernachlässigt werden, da die Wirkung der Bekämpfungsmaßnahme in der Regel ein- oder mehrjährig anzusetzen ist und sich damit auch die ökonomischen Effekte über alle Aufwüchse eines oder mehrerer Jahre erstrecken.

Für die Abhängigkeit des Ampfer-Ertragsanteils vom Deckungsgrad wurde die bereits in den Abbildungen 4-2...5 aufgeführte Funktion regressionsanalytisch ermittelt. Dabei steht *EAR* für den prozentualen TM-Ertragsanteil und *DGr* für den prozentualen Deckungsgrad von *R. obtusifolius*.

$$EAR = 0,287 + 0,664 * DGr \quad (13)$$

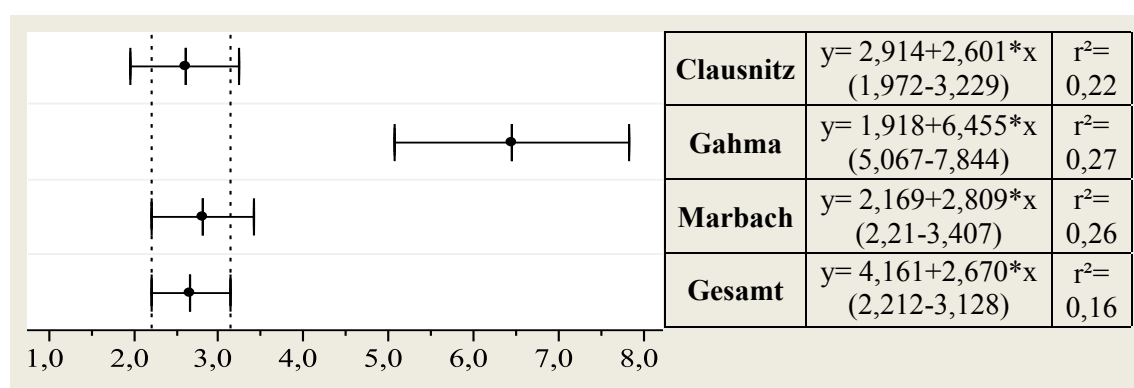
Der Regressionskoeffizient hat einen Wert von  $b = 0,664$ , damit liegt die Biomasseproduktion von Ampfer bei vergleichbarer Standrauminanspruchnahme unter dem Niveau des umgebenden Bestandes. Der Achsenabschnitt der Regressionsgerade liegt mit einem Wert von  $a = 0,287$  in der Nähe des Nullpunktes. Somit kann mit akzeptablem Genauigkeitsverlust die Regressionsgerade auch ohne die Achsenabschnittskonstante berechnet werden, dabei verläuft die gedachte Verlängerung der linearen Funktion exakt durch den Nullpunkt. Die nachfolgend dargestellte Funktion ermöglicht damit auch im Bereich

niedriger Ampfer-Deckungsgrade eine hinreichend genaue Vorhersage des zu erwartenden Ertragsanteils.

$$EAr = 0,677 * DGr \quad (14)$$

Die Ermittlung der **Abundanz** (Pflanzen\*m<sup>-2</sup>) ist eine sichere und von jedem beherrschbare Methode, bei der praktischen Ausführung kann der Durchführende jedoch auf unerwartete Probleme stoßen. Einerseits gilt es, Jungpflanzen mit noch wenig entwickeltem Blattapparat und weit entwickelte Pflanzen mit großer Flächenausdehnung nach dem gleichen Schema zu erfassen. Andererseits ist Ampfer in der Lage, sich vegetativ aus dem meristemischen Gewebe des Wurzelhalses heraus zu vermehren (MÜLLER, 2008), oft stirbt dann der mittig gelegene Teil der Ursprungspflanze ab und es entstehen zusammenhängende, ringförmige Gebilde, die sich in der Fläche ausdehnen und kaum im Sinne von Einzelpflanzen erfassbar sind. Es wird jedoch angenommen, dass sich dieser Effekt bei großen Stichprobenumfängen gegenseitig aufhebt, insbesondere wenn die Mittelwerte der Ampfer-Ertragsanteile bei unterschiedlichem Befall miteinander verglichen werden. Auf die daraus resultierenden Möglichkeiten zur Fehlinterpretation wurde bereits bei der Beschreibung der Abbildung 4-6 kurz eingegangen. Bei rein statistischer Betrachtungsweise bestehen im Bereich von 1 bis 3 Pflanzen\*m<sup>-2</sup> zwar gesicherte Mittelwertunterschiede der TM-Ertragsanteile von Ampfer, diese lassen jedoch die signifikanten Unterschiede sowohl zwischen den Standorten, als auch zwischen den Aufwüchsen innerhalb der einzelnen Standorte unberücksichtigt. In direkter Anlehnung an die Darstellungsweise der Zusammenhänge zwischen Ertragsanteil und Deckungsgrad wurden deshalb in den Abbildungen 4-7...9 die Ertragsanteile in Abhängigkeit von der Abundanz abgebildet. Die dazu für die Kombinationen aus Jahr und Aufwuchs standortspezifisch durchgeführten Regressionsanalysen zeigten mit Bestimmtheitsmaßen zwischen  $r^2 = 0,00$  und  $r^2 = 0,59$  eine deutlich geringere einseitige Abhängigkeit des Ertragsanteils von der Pflanzendichte als vom Deckungsgrad (Abb. 4-3...5). In 5 von 24 Fällen bestand kein gesicherter Zusammenhang zwischen dem Ertragsanteil und der Anzahl Pflanzen\*m<sup>-2</sup>. Zwischen den Aufwüchsen innerhalb der Standorte wurden Unterschiede im Ertragsanteil bei vergleichbarem Befall nachgewiesen, diese konnten jedoch nicht eindeutig dem Einfluss des Faktors Aufwuchs zugeordnet werden. Für die Gesamtheit aller in die Berechnung eingeflossenen 706 Datensätze wurde eine Regressionsgleichung mit einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,16$  berechnet (Abb. 5-4). Die

derart dokumentierte sehr geringe Abhängigkeit der Ampfer-TM-Ertragsanteile von der Abundanz wird wesentlich durch Unterschiede zwischen den Standorten beeinflusst. Die für den Standort Clausnitz gefundene Relation war mit der von Marbach vergleichbar, beide Regressionen zeigen aber ebenfalls nur eine geringe Stärke der Abhängigkeit des Ertragsanteils von der Pflanzendichte. Bei einem ähnlich schwachen Zusammenhang ( $r^2 = 0,27$ ) wurde für Gahma mit einem Wert von  $b = 6,46$  ein mehr als doppelt so großer Regressionskoeffizient als für die anderen Standorte, bzw. für die Gesamtheit der Daten gefunden.



**Abb. 5-4:** Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen  $\cdot m^{-2}$  (x), Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße

Das bedeutet, dass die einzelnen Ampferpflanzen in Gahma deutlich größer ausgebildet waren und damit prozentual stärker zur Biomassebildung des Grünlandbestandes beitrugen als in Clausnitz oder Gahma. Alle drei Standorte wiesen einen mehrjährig, etablierten Befall an *R. obtusifolius* auf Flächen mit mindestens 15 Jahre altem Dauergrünland auf. Auch die an die jeweilige geographische Lage angepasste intensive Bewirtschaftungsweise machte die Flächen untereinander gut vergleichbar. In Tabelle 3-2 sind die Nutzungsintervalle und Entwicklungsstadien zum Zeitpunkt der Datenerhebungen aufgeführt. Unterschiedlich lange Wachstumszeiten können als Ursache der Größendifferenz ausgeschlossen werden, da in Gahma mit 34 Tagen die durchschnittlich kürzeste Zeitspanne zwischen den aufeinander folgenden Terminen der Beerntung lag. In Clausnitz betrug diese Zeitspanne durchschnittlich 37 Tage und in Marbach 43 Tage. Die Datenerhebung erfolgte in Gahma bei einem gemittelten Entwicklungsstadium des Ampfers zwischen BBCH 39 und BBCH 62 und damit entwicklungsphysiologisch betrachtet geringfügig zeitiger als in Marbach (BBCH 44 – 65), aber später als in Claus-



nitz (BBCH 33 – 56). Daraus lassen sich jedoch ebenfalls keine Ursachen für die unterschiedlich stark ausgeprägten Ertragsanteile der einzelnen Ampferpflanzen ableiten. Die Mittelwerte der Ampfer-Deckungsgrade bei steigender Ampfer-Abundanz sind in Tabelle 5-2 dargestellt. Bei einem Befall mit einer Ampferpflanze\* $m^{-2}$  ergaben sich mittlere Deckungsgrade von 8,9 % in Clausnitz und 6,7 % in Marbach, in Gahma hingegen lag die von einer Ampferpflanze bedeckte Fläche bei 11,7 %. Diese tendenziellen Unterschiede waren auch bei höherem Befall zu beobachten. Zwischen dem Ampfer-Deckungsgrad und der Abundanz wurde mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,409$  (Tab. 5-1) eine nur geringe Abhängigkeit festgestellt, auf eine weitere statistische Verrechnung wurde daher verzichtet. Dennoch belegen die beobachteten Ergebnisse die These der starken Variabilität des Habitus von etablierten Ampferpflanzen.

**Tab. 5-2:** Ampfer-Abundanz und mittlerer Ampfer-Deckungsgrad nach Standorten, Felderhebungen der Jahre 2008 und 2009

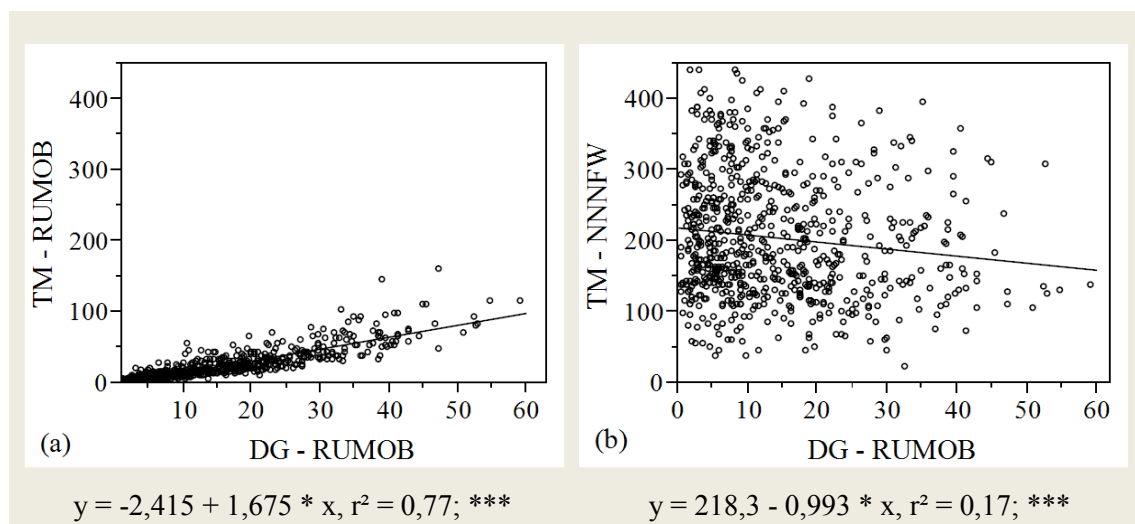
Anzahl Pflanzen* $m^{-2}$	Clausnitz		Gahma		Marbach	
	n =	DG [%]	n =	DG [%]	n =	DG [%]
1	99	8,9	155	11,7	95	6,7
2	64	11,9	46	20,0	64	13,2
3	41	18,6	23	26,9	48	14,9
4	17	26,0	1	27,1	19	20,8
5	9	20,0	2	39,9	10	21,9
6	9	23,9			3	21,6
7					1	23,7

Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,346$  wurde ein nur geringer Zusammenhang zwischen der Pflanzendichte und dem Ampfer-TM-Ertragsanteil gefunden. Damit ist Anzahl der Pflanzen pro Flächeneinheit weniger gut zur quantitativen Erfassung von *R. obtusifolius* im Dauergrünland geeignet als die Schätzung oder die Messung des Deckungsgrades, dies bestätigt die bereits von OSWALD & HAGGAR (1983) und HONGO (1989 A) gewonnenen Ergebnisse.

## 5.2 Ampferbefall und Ertragsbeeinflussung

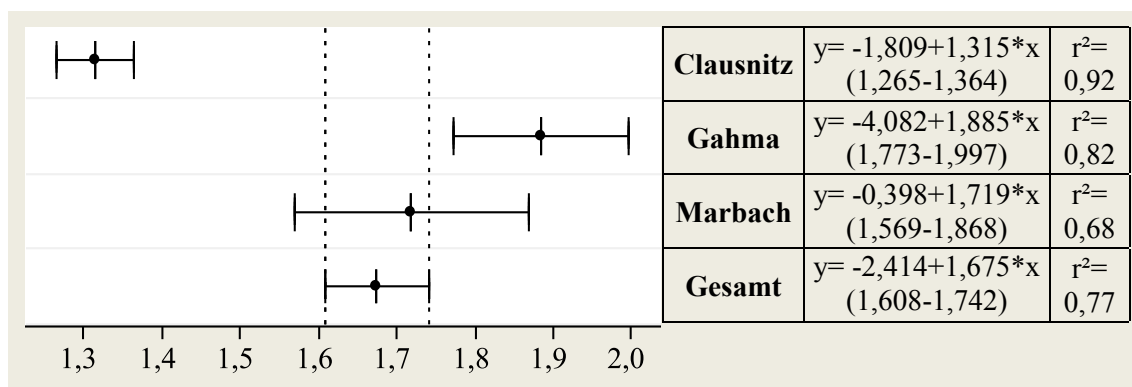
Wie unter Punkt 2.4 bereits dargelegt, gehen mehrere Autoren übereinstimmend davon aus, dass bei steigendem Ampferbefall die verfügbare Fläche für Gras zwangsläufig kleiner wird und dementsprechend der Grasertrag je Flächeneinheit proportional sinkt. Die geringere Trockenmassebildung von Ampfer in Relation zum Weidelgras induziert darüber hinaus ein fallendes Ertragsniveau des Gesamtbestandes bei zunehmender Verunkrautung (DERRICK, MOSELEY & WILMAN, 1993).

Anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lässt sich zunächst die sehr enge Beziehung zwischen der beanspruchten Fläche und den absoluten TM-Erträgen von *R. obtusifolius* nachweisen. In den Abbildungen 4-11...16 wurden die regressionsanalytisch ermittelten Zusammenhänge zwischen den Ampfer- bzw. Gesamt-TM-Erträgen der Erhebungsflächen und den Ampfer-Deckungsgraden dargestellt. Fast ausnahmslos ergaben sich mit Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 \geq 0,9$  sehr hohe Abhängigkeiten der Ampfer-TM-Erträge vom Deckungsgrad. Für die Gesamtheit dieser Daten wurde eine lineare Funktion mit einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,77$  gefunden (Abb. 5-5(a)). Damit konnte der von COURTNEY (1972) bzw. DOYLE et al. (1983) beim Ampfer beobachtete überproportionale Anstieg der Biomassebildung bei höheren Deckungsgraden nicht bestätigt werden.



**Abb. 5-5:** Abhängigkeit des Ampfer (a) - bzw. Gras (b)-TM-Ertrages [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ] vom Ampfer-Deckungsgrad [%], Einzelwerte aus Felderhebungen, Regressionsgerade,  $n = 719$

Im Mittel aller Erhebungsflächen wurde von *R. obtusifolius* pro 1 % Deckungsgrad ein TM-Ertrag von  $1,68 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  gebildet. Dabei bestanden signifikante Unterschiede zwischen den Standorten (Abb. 5-6). Während in Clausnitz ein Ampfer-DG von 1 % zu einem TM-Ertrag von  $1,32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  führte, wurde in Gahma mit  $1,89 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$  ein um mehr als 40 % höherer Wert realisiert. Unterschiede in der Ertragsbildung bestanden auch zwischen den Aufwüchsen innerhalb der Standorte. Diese sind aber im Kontext der vorliegenden Arbeit weniger relevant, da bei Unkrautbekämpfungsmaßnahmen im Dauergrünland bzw. bei deren ökonomischer Bewertung die Effekte ganzjährig und nicht spezifisch nach Aufwüchsen zu betrachten sind.

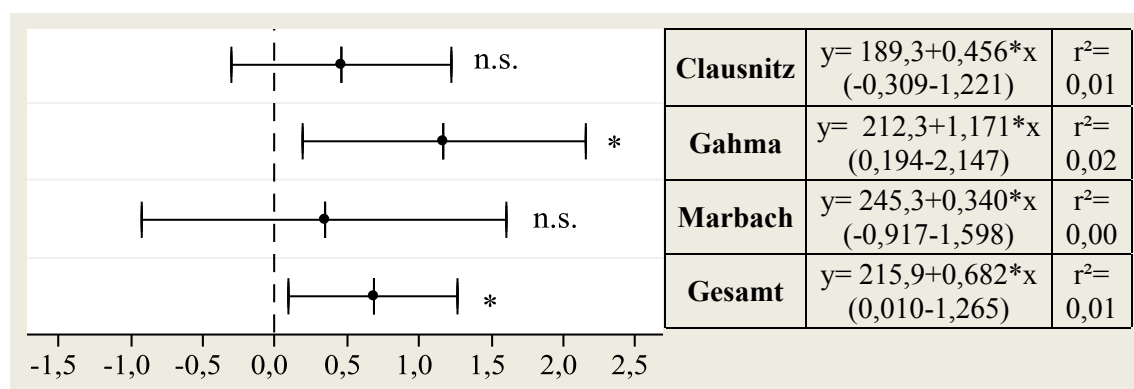


**Abb. 5-6:** Abhängigkeit der Ampfer-TM-Erträge (y) [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ] vom Ampfer-DG (x) [%], Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße

Weniger eindeutig präsentierte sich hingegen die Beziehung zwischen Ampfer-Deckungsgrad und dem Gras-TM-Ertrag der Erhebungsflächen (Abb. 5-5(b)). Mit einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,17$  war bei der durchgeführten Regressionsanalyse für die Gesamtheit der Erhebungen kaum eine gerichtete Abhängigkeit der Graserträge vom Ampfer-Deckungsgrad erkennbar. Dennoch zeigt die Funktion zumindest tendenziell sinkende Gras-TM-Erträge von rund einem Prozent je 1 % Deckungsgradanstieg. Da der von *R. obtusifolius* beanspruchte Platz einen proportionalen Flächenverlust für Gras bedeutet, war dieses Ergebnis zu erwarten und bestätigt gleichzeitig die Beobachtungen von OSWALD & HAGGAR (1983), COURTNEY (1985) und POPAY & BARLOW (1988). Bemerkenswert ist die sehr große Variabilität der Graserträge auch innerhalb der einzelnen Aufwüchse bzw. Jahre eines Standortes (Tab. 4-3...5). In 21 von insgesamt 24 Fällen kam es zu einem messbaren Rückgang des Grasertrages. In 11 Fällen war dieser Rückgang statistisch gesichert, dieser dürfte aber bei Bestimmtheitsmaßen zwischen

$r^2 = 0,17$  und  $r^2 = 0,30$  nur wenig auf den direkten Einfluss des Ampferbefalls zurückzuführen sein. In Clausnitz, erster Aufwuchs 2009 sowie in Marbach, dritter Aufwuchs 2008 und erster Aufwuchs 2009 kam es hingegen trotz steigendem Ampfer-Deckungsgrad zu einem leichten Anstieg der Graserträge.

Wie bereits dargelegt, führt der Anstieg des Ampfer-Deckungsgrades um 1 % zu einer Zunahme des Ampfer-TM-Ertrages von 1,68 %. Wenn auch ursächlich nicht dem Ampfer-Deckungsgrad zu zuordnen, verringert sich der Gras-TM-Ertrag dennoch gleichzeitig um knapp 1 %, daraus resultiert in Summe ein leichter Anstieg des Gesamt-TM-Ertrages der Erhebungsflächen bei steigendem Ampferbefall. Diese Zunahme des Gesamt-TM-Ertrages wurde in 20 Fällen beobachtet, davon waren 7 Fälle statistisch gesichert, wiederum aber mit niedrigen Bestimmtheitsmaßen (Tab. 4-3...5). In 4 Fällen wurde ein rückläufiger TM-Gesamtertrag festgestellt, dabei wurde der signifikante Rückgang des Grasertrages nicht, oder nicht ausreichend durch die Zunahme des Ampfer-TM-Ertrages ausgeglichen. In Abbildung 5-7 sind die Funktionen der Abhängigkeit der Gesamt-TM-Erträge vom Ampfer-Deckungsgrad dargestellt. Mit einem Regressionskoeffizienten von  $b = 0,68$  wurde im Mittel aller Erhebungen bei zunehmendem Deckungsgrad auch ein Zunahme der Gesamterträge beobachtet. Anders als in Clausnitz und Marbach, war dieser Anstieg in Gahma statistisch nachweisbar. Da gleichzeitig nur eine geringe Abhängigkeit vom Ampfer-Deckungsgrad zu verzeichnen war, sind die Ursachen dafür vermutlich eher in der Bestandszusammensetzung zu suchen.



**Abb. 5-7:** Abhängigkeit der Gesamt-TM-Erträge (y) [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ] vom Ampfer-DG (x) [%], Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße

In Gahma wurde gegenüber den anderen Standorten in der nicht vom Ampfer bedeckten Fläche der höchste Anteil an anderen dikotylen Pflanzenarten festgestellt. Stärkster Vertreter war dabei *Trifolium repens*, der insbesondere im Jahr 2009 einen nennenswerten Flächenanteil bedeckte (Tab. 3-3). Nach SCHULZ & BACHMEIER (2011) kann, bezogen auf die Flächeninanspruchnahme, das Ertragsniveau von *T. repens* bei nur 50 % des von *L. perenne* liegen. Steigende Anteile von Weißklee führen somit zu einem Rückgang des TM-Ertrages des Grünlandbestandes. In dieser Konstellation kann *R. obtusifolius* maßgeblich zur TM-Produktion des Bestandes beitragen und bei steigenden Deckungsgraden auch zu einer Zunahme des Gesamtertrages führen.

In Tabelle 5-3 sind die Beziehungen zwischen den Ertragskomponenten und dem Ampfer-Deckungsgrad zusammenfassend dargestellt. Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,247$  besteht nur ein geringer Zusammenhang zwischen dem Ampfer-TM-Ertrag und dem Gesamtertrag der Erhebungsflächen, dieser wurde wesentlich stärker vom TM-Ertrag der Graskomponente und dabei insbesondere von deren Variabilität beeinflusst. Zwischen dem Ampfer-Deckungsgrad und dem realisierten Ampfer-TM-Ertrag besteht mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,878$  ein ähnlich starker Zusammenhang wie zwischen dem Deckungsgrad und dem prozentualen Ertragsanteil von Ampfer (Tab. 5-1). Während jedoch der Ertragsanteil die prozentuale Masse des Erntegutes beschreibt und für ökonomische Berechnungen zwingend erforderlich ist, ist die Kenntnis des spezifischen TM-Ertrages von Ampfer in diesem Zusammenhang eher von geringerem Interesse, insbesondere wenn davon keine Rückschlüsse auf den Gras- bzw. Gesamt-TM-Ertrag der Fläche möglich sind.

**Tab. 5-3:** Zusammenhang zwischen Ampfer-DG [%] und den TM-Erträgen von Gras, Ampfer und des Gesamtbestandes [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ], Pearson-Korrelationskoeffizienten,  $n=719$

<b>Gesamt TM-Ertrag</b>	0,971	0,247	0,086
	<b>NNFW TM-Ertrag</b>	0,008	- 0,129
		<b>RUMOB TM-Ertrag</b>	0,878
			<b>RUMOB DG</b>

Anhand der vorliegenden Daten konnte aufgezeigt werden, dass der zunehmende Befall mit *R. obtusifolius* nicht zwangsläufig zu einem Rückgang des TM-Ertrages des Gesamtbestandes führt. Auch COURTNEY (1972), HONGO (1989A) sowie LÜSCHER et al. (2001) fanden in ihren Arbeiten ähnliche Ergebnisse und bestätigten übereinstimmend, dass Flächen mit hohem Befall an *R. obtusifolius* im Allgemeinen ertragsstärker waren als Flächen mit geringerem Befall.

Günstige Wachstumsbedingungen führen zu hohen Graserträgen und ermöglichen beim Vorliegen entsprechender Voraussetzungen auch hohen Befall mit Ampfer. Bei wiederholter Schnittnutzung erreicht etablierter Ampfer vermutlich zeitiger als das umgebende Gras das für den Übergang in die generative Phase notwendige Maß der Biomassebildung. Während der Ampfer nun vermehrt Kohlenhydrate in die Wurzel einlagert und sich dabei kaum weiter in der Fläche ausdehnt, führen weiterhin vorliegende günstige Wachstumsbedingungen zur fortgesetzten Biomassebildung beim Gras. Dies erklärt die bei vergleichbarem Deckungsgrad im Allgemeinen relativ niedrigen Ertragsanteile von Ampfer im ersten Aufwuchs und damit in Zeiten günstiger Wachstumsbedingungen (Abb. 5-3). Andererseits führen ungünstige Bedingungen wie beispielsweise Sommer-trockenheit oder Nährstoffmangel im Regelfall zu sinkenden Graserträgen und damit gleichzeitig zu überdurchschnittlich hohen Ertragsanteilen von *R. obtusifolius*. COURTNEY (1985) untersuchte diesbezüglich die Wirkung unterschiedlicher Stickstoffgaben und stellte fest, dass niedrige Graserträge zu tendenziell steigenden Ertragsanteilen von Ampfer führten. Teilweise vorgetragene Ansätze verschiedener Autoren zur Rückdrängung von Ampfer durch Extensivierungsmaßnahmen sind vor diesem Hintergrund zumindest kritisch zu hinterfragen.

### 5.3 Inhaltstoffe und Futterwert von Ampfer aus Felderhebungen

Die Futterqualität einer Pflanze wird im Wesentlichen durch deren wertgebende Inhaltsstoffe und den Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen bestimmt, bei Silagen kommt noch die Gärqualität hinzu (ISSELSTEIN, 1994). Der Futterwert, also der theoretisch im Rahmen der Tierernährung nutzbare Effekt der Inhaltsstoffe wird u. a. in Form der umsetzbaren- bzw. der Nettoenergie bewertet. Insofern sind weniger die unmittelbaren Gehalte der bei der erweiterten Weender-Analyse untersuchten Parameter ausschlaggebend, als vielmehr die Wechselwirkungen untereinander und dabei insbesondere deren Wirkung auf den Tierorganismus. Die einzelnen Analysenwerte der Rohnnährstoffe von Ampfer und Gras sind aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nochmals in Tabelle 5-4 zusammengefasst, sollen aber aus tierphysiologischer Sicht nicht näher bewertet werden.

Mit Ausnahme des Rohaschegehaltes unterschieden sich die dargestellten Parameter zwischen den Probenarten aus statistischer Sicht jeweils signifikant voneinander. Auch unter Einbeziehung der von der VDLUFA herausgegebenen Analysenspielräume für die Untersuchung der einzelnen Werte bestätigten sich die Unterschiede (SCHÖNHERR & PETERHÄNSEL, 2008).

**Tab. 5-4:** Trockensubstanz- und Rohnnährstoffgehalt, Verdaulichkeit und Energiedichte von Ampfer bzw. Gras aus Felderhebungen, Zusammenfassung der Tab. 4-2 und 4-6...15

<b>Rohnährstoffe [g*kg TM<sup>-1</sup>]</b>	<b>n =</b>	<b>NNFW</b>	<b>RUMOB</b>	<b>Differenz</b>	<b>p</b>
<b>XA</b>	72	95	110	+ 15,8 %	n.S.
<b>XP</b>	72	181	210	+ 16,0 %	***
<b>XL</b>	72	33	22	- 33,3 %	***
<b>XF</b>	72	220	169	- 23,2 %	***
<b>ADF<sub>org</sub></b>	72	269	339	+ 26,0 %	***
<b>NDF<sub>org</sub></b>	72	518	427	- 17,6 %	***
<b>Lignin</b>	72	33	207	+ 527 %	***
<b>NfE</b>	72	469	487	+ 3,8 %	**
<b>TS [g*kg FM<sup>-1</sup>]</b>	144	174	134	- 23,0 %	*
<b>ELOS [g*kg TM<sup>-1</sup>]</b>	72	745	543	- 27,1 %	***
<b>NEL [MJ*kg TM<sup>-1</sup>] 95 % KI</b>	72	<b>6,66</b> (6,48 - 6,83)	<b>5,03</b> (4,88 - 5,19)	<b>- 24,5 %</b>	<b>***</b>

Die größten Differenzen zwischen Ampfer und Gras traten beim Gehalt an schwer verdaulichem Lignin zu Tage. Dieser lag in den eigenen Erhebungen mit  $207 \text{ g*kg TM}^{-1}$  rund 6-fach höher als beim Gras und scheint damit maßgeblich an der schlechten Verdaulichkeit von Ampfer beteiligt zu sein (MEISTER & LEHMANN, 1988; HERTWIG, 2004). Der  $\text{ADF}_{\text{org}}$ -Gehalt von Ampfer lag 26 % über dem von Gras. Aus beiden Parametern errechnet sich der Lignifizierungsgrad ( $\text{ADL} * \text{ADF}_{\text{org}}^{-1}$ ), der für die Gesamtheit aller Proben einen Wert von 0,12 für Gras und von 0,61 für Ampfer annahm. MAMORU et al. (1991) fand für *R. obtusifolius* einen Lignifizierungsgrad von 0,3 gegenüber *Festuca arundinacea* mit einem Wert von 0,1. Trotz der Tatsache, dass ein hoher Ligningehalt bei der ELOS- Analyse zu Abschlügen in der Verdaulichkeit führt, wirft der Autor die Frage auf, inwieweit ein hoher Lignifizierungsgrad den Faktor der  $\text{ADF}_{\text{org}}$ -Fraktion in der Schätzgleichung zur Bestimmung der umsetzbaren Energie erhöhen müsste. Zur Klärung dieser Frage sind jedoch umfangreiche Tierversuche erforderlich. TILLEY & TERRY (1963, zitiert bei HEJDUK & DOLEZAL, 2004) legten eines der sehr seltenen Ergebnisse zur in-vivo-Verdaulichkeit von *R. obtusifolius* vor, sie fanden dabei jedoch eine gute Übereinstimmung zu den in vitro ermittelten Ergebnissen.

Der Rohfettgehalt lag im Mittel aller Ampferproben bei  $22 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit 33 % unter dem von Gras. BOHNER (2001) fand für Ampfer einen vergleichbaren Wert in Höhe von  $24 \text{ g*kg TM}^{-1}$ .

Die Höhe des Rohproteingehaltes bewegte sich ebenfalls im Bereich der bereits von anderen Autoren gefundenen Werte (MAMORU et al., 1991; BOHNER, 2001; HEJDUK & DOLEZAL, 2004). Im Rahmen der Felderhebungen wurde für Ampfer ein Gehalt von  $210 \text{ g*kg TM}^{-1}$  festgestellt, dieser lag rund 16 % über dem Wert von Gras. Der Bedarf der Milchkühe an Rohprotein liegt nach TAUBE (2009) im Bereich zwischen 160 und  $180 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , dieser Bedarf würde bei ausschließlicher Verfütterung des Grases der Erhebungsflächen bereits vollständig gedeckt werden. Über den Bedarf der laktierenden Milchkühe hinaus aufgenommene Mengen an Rohprotein können insbesondere beim Vorliegen von niedrigen Energiekonzentrationen zu einer Verschlechterung der Proteinverwertung und letztlich auch zu Leistungseinbußen führen.

Zur Proteinbewertung in der Rationsberechnung für Wiederkäuer wird in Deutschland die Menge des am Dünndarm anflutenden und damit nutzbaren Rohproteins herangezogen.



gen. Die Berechnung erfolgt dabei über Gleichungen unter Verwendung von Tabellenwerten für die Menge des Durchflussproteins (STEINHÖFEL et al., 2008). Für *R. obtusifolius* existieren keine diesbezüglichen Tabellenwerte, so dass hilfsweise die folgende vereinfachte Funktion zur Anwendung kommt (HOFFMANN, 2012), die metabolische Energie wird dabei nach Formel (9) berechnet:

$$nXP = 8,76 * ME + 0,36 * XP \quad (15)$$

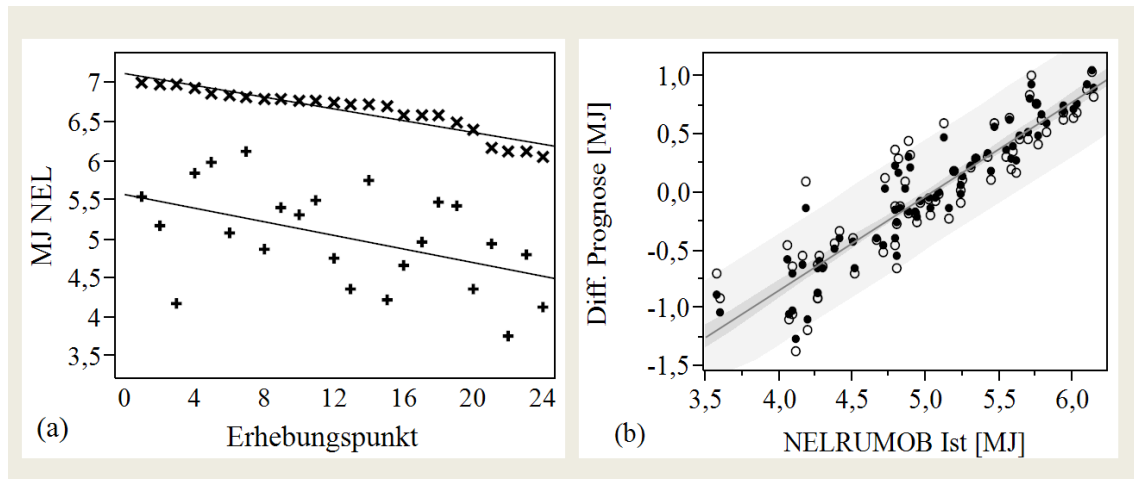
Als Maß für die Stickstoffversorgung der Pansenmikroben wird die Ruminale-Stickstoff-Bilanz herangezogen, das Erreichen des Wertes ,0‘ gilt dabei als optimal. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel (STEINHÖFEL et al., 2008):

$$RNB = (XP - nXP) / 6,25 \quad (16)$$

Unter Verwendung der Daten aus Tabelle 5-4 wurde für Gras eine hohe Ruminale-Stickstoff-Bilanz von 3,2 berechnet, die im Fall der alleinigen Frischverfütterung der untersuchten Futterpartien bereits grenzwertig wäre. Bei gleichem Rechengang ergibt sich für *R. obtusifolius* mit einem Wert von 9,4 eine weit überhöhte und kritisch zu bewertende Ruminale-Stickstoff-Bilanz, die hohen Gehalte an Rohprotein sind somit eher negativ zu bewerten.

Die Ergebnisse der mit der Cellulase-Methode bestimmten in-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer sind in der Abbildung 4-23 bzw. in der Tabelle 4-14 ausführlich dargestellt. Der ELOS-Wert für Ampfer lag im Mittel aller Ergebnisse bei 543 g\*kg TM<sup>-1</sup> und damit bei 72,9 % der Verdaulichkeit von Gras. Bei beiden Probenarten wurden signifikante Unterschiede zwischen den Aufwüchsen festgestellt. Eine hohe Verdaulichkeit wurde dabei jeweils im ersten Aufwuchs gemessen, diese sank in der Folge kontinuierlich bis zum dritten Aufwuchs ab, um anschließend wieder stark anzusteigen. Die Faktoren Standort und Jahr hatten keinen gesicherten Einfluss auf die Mittelwertunterschiede der Probenarten. Die gewonnen Ergebnisse bestätigen die Aussagen derjenigen Autoren, die sich mit entsprechenden Untersuchungen beschäftigten (Punkt 2.5). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die aufgeführten Werte der spezifischen Verdaulichkeit von Ampfer bzw. Gras in Abhängigkeit von der angewandten Untersuchungs- bzw. Schätzmethode zu sehen sind. Dennoch kann generalisierend die Aussage getroffen werden, dass bei

vergleichbaren Herkünften die Verdaulichkeit von *R. obtusifolius* rund 20 - 30 % unter der von Gras liegt.



**Abb. 5-8:** (a) Relation der Energiedichten [ $\text{MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] von Gras (x) und Ampfer (+),  $n=3$ ; (b) Differenz der prognostizierten von den beobachteten Ampfer-Energiedichten ( $\circ = \text{NEL NNNFW} - 1,63 \text{ MJ}$ ;  $\bullet = \text{NEL NNNFW} - 24,5 \%$ ) Daten aus Felderhebungen,  $n = 72$

Die schlechtere Verdaulichkeit von *R. obtusifolius* wirkt auch deutlich auf das Ergebnis der Schätzung der Netto-Energie-Laktation. Im Mittel aller 72 Datenpaare lag die Energiedichte von Gras bei  $6,66 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ , für Ampfer wurde ein Wert von  $5,03 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  ermittelt (Tab. 5-4). Der Wert für Ampfer lag damit absolut  $1,63 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  bzw. relativ 24,5 % unter dem Wert von Gras. Eine nahezu identische Differenz der Energiedichten in Höhe von  $1,68 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  wurde auch von DITTMANN & BOCKHOLT (2004) in zweijährigen Untersuchungen beobachtet, die Werte von Ampfer lagen dabei in allen Fällen unter denen von Gras. Auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde festgestellt, dass innerhalb der zusammenhängenden Wertepaare die Energiedichte von Ampfer mit einer Bandbreite von 0,51 MJ bis 3,0 MJ immer unter der von Gras lag (Abb. 4-24). Diese Wertepaare sind in Abbildung 5-8 (a) sortiert nach abnehmender Energiedichte von Gras dargestellt. Laut BOCKHOLT (2004) nimmt die Variationsbreite der Energiedichte von *R. obtusifolius* mit fallenden absoluten Werten zu, dies bestätigte sich bei den vorliegenden eigenen Ergebnissen jedoch nicht. Die Abbildung zeigt darüber hinaus die Anpassungsgeraden für die Werte von Gras und Ampfer. Bemerkenswert ist der nahezu parallele Verlauf beider Geraden. Im Zuge des zu erarbeitenden ökonomischen Modells stellt sich somit die Frage, ob ausgehend von der Energiedichte des Grases die Energiedichte von Ampfer

besser durch die Subtraktion der beobachteten absoluten Differenz (1,63 MJ\*kg TM<sup>-1</sup>) oder der relativen Differenz (24,5 %) zu prognostizieren ist. Dazu wurden ausgehend von den Werten der Energiedichte von Gras die Abweichungen der nach beiden Varianten prognostizierten Werte von den vorliegenden Ist-Werten der Energiedichte von Ampfer nach folgenden Formeln berechnet. Dabei steht *NELr* für die Energiedichte von Ampfer und *NELg* für die Energiedichte von Gras, jeweils in MJ\*kgTM<sup>-1</sup>.

$$\Delta NELr_{(Ist/Prognose)} [\%] = NELr_{Ist} - (NELg - 1,63) \quad (17)$$

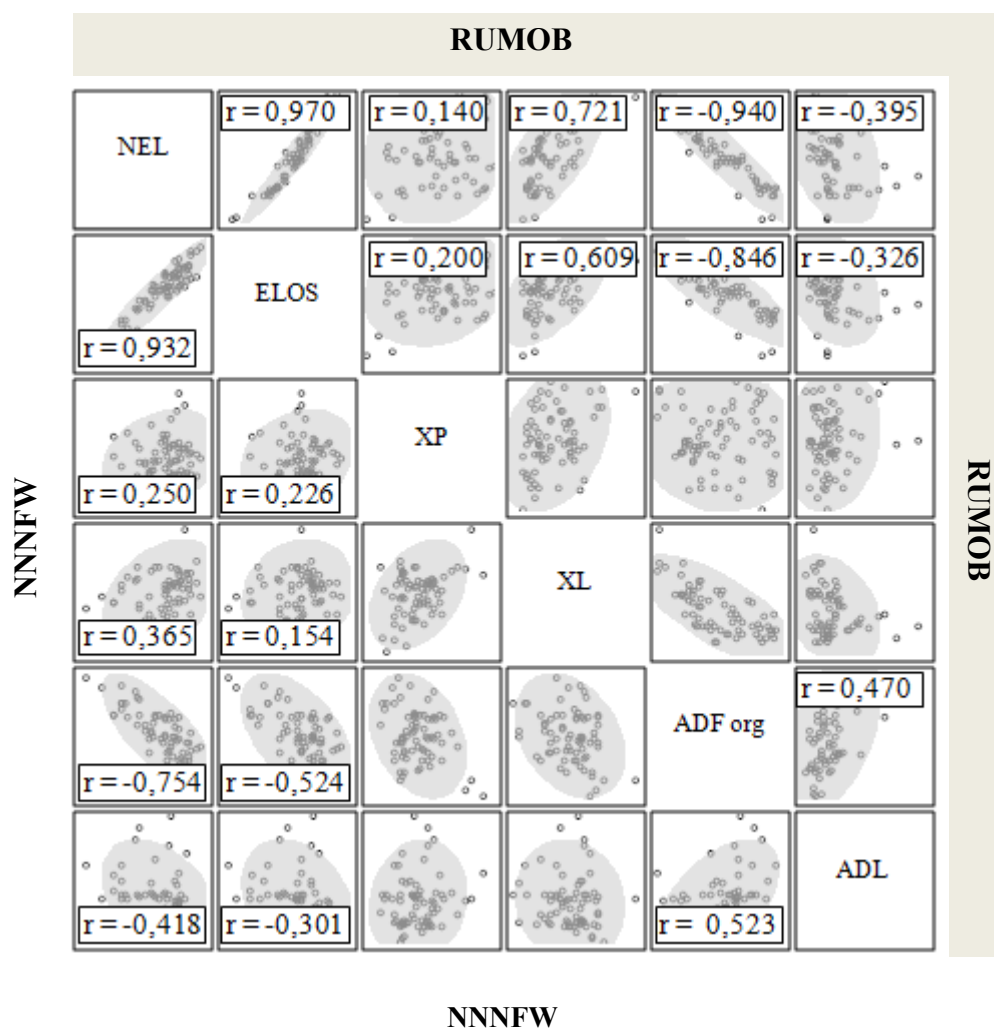
$$\Delta NELr_{(Ist/Prognose)} = NELr_{Ist} - \left( NELg - \left( \frac{NELg * 24,5}{100} \right) \right) \quad (18)$$

Die berechneten Abweichungen sind in Relation zu den jeweilig beobachteten Ist-Werten in Abbildung 5-8 (b) dargestellt. Mit einem Bestimmtheitsmaß von  $r^2 = 0,88$  zeigt die Funktion für die relativ abgeleiteten Energiedichten (Formel 18) eine bessere Übereinstimmung der Prognosewerte von den beobachteten Werten der Energiedichte von Ampfer, als die der über die absolute Differenz berechneten Werte (Formel 17), ( $r^2 = 0,79$ ). Unter den Bedingungen der vorliegenden Arbeit konnte somit für die Differenz der Energiedichten von Gras und Ampfer folgende Gleichung abgeleitet werden:

$$NELr = NELg - \left( \frac{NELg * 24,5}{100} \right) \quad (19)$$

Die Werte der in-vitro-Verdaulichkeit sowie der Rohasche, des Rohfettes und der Gehalt an ADF<sub>org</sub> fließen direkt in die Schätzggleichung der Umsetzbaren Energie ein. Die Parameter Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und die N-freien Extraktstoffe werden bei der Berechnung der Bruttoenergie berücksichtigt. Aus Umsetzbarer- und Bruttoenergie wird die Netto-Energie-Laktation berechnet (Formeln 7 – 9). Aufgrund dieser komplexen Struktur ist der Einfluss der genannten Parameter auf die Energiedichte von Gras bzw. Ampfer nicht immer eindeutig erkennbar. Zur Verdeutlichung der Abhängigkeit der Energiedichte von den zugrundeliegenden Rohnährstoffen wurde eine multivariate Korrelationsanalyse durchgeführt, die Angabe der jeweiligen Korrelationskoeffizienten erfolgte dabei nur insoweit, als auch sachlogische Zusammenhänge zwischen den einzelnen Futterwertparametern bestehen (Abb.5-9). Die Korrelationskoeffizienten bewerten dabei die praktische Relevanz der in Tabelle 5-4 zusammengestellten Parameter und

deren Unterschiede in ihrer Wirkung auf die Energiedichten der Probenarten. Sowohl bei Gras als auch bei Ampfer wurde ein sehr enger Zusammenhang zwischen den Werten der Verdaulichkeit und der Energiedichte gefunden, damit ist die Ursache der niedrigeren Energiedichte von Ampfer in hohem Maße auf die geringere Verdaulichkeit gegenüber Gras zurückzuführen.



**Abb. 5-9:** Stärke der Beziehung zwischen Energiedichte von Ampfer bzw. Gras und der in-vitro-Verdaulichkeit sowie weiteren Inhaltsstoffen, Korrelationskoeffizienten und 95 % Dichteellipse

Eine ebenfalls sehr enge, aber negativ gerichtete Beziehung besteht auch zwischen dem ADF<sub>org</sub>-Gehalt und der Energiedichte von *R. obtusifolius* ( $r = -0,94$ ), die Beziehung bei Gras war etwas weniger stark ausgeprägt ( $r = -0,754$ ). Entgegen der anfänglichen Vermutung wird dies aber nur teilweise durch die deutlichen Unterschiede im Ligningehalt zwischen Ampfer und Gras hervorgerufen. Zwischen dem Lignin- und dem ADF<sub>org</sub>-

Gehalt der Probenarten bestand eine nur geringe bis mittlere Stärke des Zusammenhangs ( $r \leq 0,523$ ), auch die Beziehung zwischen dem Ligningehalt und der Verdaulichkeit bzw. der Energiedichte war in beiden Fällen nur gering ausgeprägt ( $r \leq -0,418$ ).

Vom Rohfettgehalt gingen deutliche Unterschiede in der Wirkung auf die Verdaulichkeit und damit auch auf die Energiedichte beider Probenarten aus. Der höhere Rohfettgehalt von Gras wirkte sich nur wenig auf dessen Verdaulichkeit ( $r = 0,154$ ) und die Energiedichte ( $r = 0,365$ ) aus, während der um rund 33 % niedrigere Rohfettgehalt von Ampfer einen wesentlich höheren Einfluss auf die Verdaulichkeit ( $r = 0,609$ ) bzw. die Energiedichte ( $r = 0,721$ ) ausübte.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde bei *R. obtusifolius* ein signifikant höherer Rohproteingehalt als bei Gras festgestellt (Tab. 5-4), dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren (BOHNER, 1991; MAMORU et al., 1991; HEJDUK & DOLEZAL, 2004). Die negative Wirkung dieser hohen Rohproteingehalte bei gleichzeitig geringer Menge an Umsetzbarer Energie auf die Ruminale-Stickstoff-Bilanz wurde bereits diskutiert. Überraschenderweise zeigten sich jedoch nur sehr lockere Beziehungen der Rohproteingehalte sowohl zur Verdaulichkeit ( $r \leq 0,226$ ), als auch zur Energiedichte ( $r \leq 0,25$ ) der jeweiligen Probenart. Die Unterschiede im Rohproteingehalt üben damit nur einen unwesentlichen Einfluss auf die Energiedichten von Gras bzw. Ampfer aus.

Pauschalierend kann festgestellt werden, dass die im Vergleich zu Gras niedrigere Energiedichte von *R. obtusifolius* im Wesentlichen auf die geringere Verdaulichkeit und auf Seiten der Rohnährstoffe auf die höheren  $ADF_{org}$ - und die niedrigeren Rohfettgehalte zurückzuführen ist. Die tendenziellen Unterschiede im Rohaschegehalt und die signifikanten Unterschiede im Rohproteingehalt spielen in diesem Zusammenhang nur eine untergeordnete Rolle.

Informationen zum Gehalt an **Mineralstoffen und Spurenelementen** von *R. obtusifolius* wurden bisher nur von wenigen Autoren veröffentlicht. Deren Angaben werden daher vergleichend zu den eigenen zusammengefassten Untersuchungsergebnissen in Tabelle 5-5 dargestellt. Auch wenn diese Daten bei der ökonomischen Bewertung der Schadwirkung von Ampfer keine Berücksichtigung finden, stellt deren Auflistung dennoch einen Beitrag zur Abrundung des derzeitigen Wissensstandes auf diesem Gebiet

dar. Bemerkenswert ist dabei die Gegenüberstellung einer großen Anzahl von Werten für Gras und Ampfer von jeweils identischen Erhebungsflächen im Freiland, die somit dem Wirken der interspezifischen Konkurrenz der Probenarten unterlagen. Die Ergebnisse von WILMAN & RILEY (1992) basieren hingegen auf Topfkulturen unter Gewächshausbedingungen, bei der Veröffentlichung von MAMORU et al. (1991) wird dies ebenfalls vermutet.

Der Kalziumgehalt von *R. obtusifolius* lag mit  $5,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  innerhalb des bereits von anderen Autoren beschriebenen Bereichs, leicht unterhalb der mittleren Bedarfsmenge für laktierende Milchkühe und  $13,5 \%$  über dem Wert von Gras. Der Gehalt an Phosphor entsprach dem empfohlenen Bedarf und lag mit einem Wert von  $3,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$  tendenziell unterhalb der von den anderen Autoren genannten Mengen. Bei beiden Elementen bestand kein gesicherter Unterschiede im Mengengehalt zwischen den Probenarten. Trotz eines bei *R. obtusifolius* geringfügig erhöhten Ca / P-Verhältnisses von  $1,55$  gegenüber  $1,33$  bei Gras dürfte daraus keine negative Beeinflussung des Kalziumstoffwechsels zu erwarten sein (RIEDER, 1983).

Ampfer hatte mit einem Wert von  $4,6 \text{ g*kg TM}^{-1}$  einen mehr als doppelt so hohen Magnesiumgehalt als Gras. Nach TERÖRDE (1997) gibt es eine Vielzahl von Autoren, die sich mit Magnesium-Mangelerscheinungen beschäftigen, zur Wirkung von Magnesium-Überschüssen gibt es jedoch keine adäquaten Informationen im Schrifttum. Die ermittelten Werte des Magnesiumgehaltes von Gras bzw. Ampfer liegen über den Bedarfsmengen und decken sich mit den Ergebnissen der anderen Autoren.

Der Kaliumgehalt von *R. obtusifolius* lag mit  $38,0 \text{ g*kg TM}^{-1}$  signifikant über dem Wert von Gras und war im Wesentlichen mit den Angaben von BOHNER (2001) und HEJDUK & DOLEZAL (2004) identisch, während von MAMORU et al. (1991) und WILMAN & RILEY (1992) deutlich höhere Werte berichtet werden. Der Kaliumgehalt von Ampfer lag zudem weit über den Werten der Bedarfsnorm. Nach OPITZ v. BOBERFELD (1994) wird die Resorption von Magnesium, Kalzium und Natrium durch hohe Kaliumgehalt negativ beeinflusst. Dies ist insbesondere bei Natrium kritisch zu sehen, in den eigenen Untersuchungen lag der Natriumgehalt von Ampfer bei  $0,3 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und damit bei nur rund einem Drittel des Gehaltes von Gras und darüber hinaus weit unterhalb der Bedarfsmenge von  $1,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$ .

**Tab. 5-5:** Mineralstoff- und Spurenelementgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen im Vergleich zu Ergebnissen anderer Autoren und Bedarfsmengen, Zusammenfassung der Tabellen 4-16...21

Mineralstoffe [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	BOHNER (2001)	HEJDUK & DOLEZAL (2004)	MAMORU et al. (1991)		WILMAN & RILEY (1992)		Eigene Ergebnisse (n = 72)			Bedarf <sup>1</sup> in der Gesamtration *kg TM*d <sup>-1</sup> (ANONYM, 2010)
	RUMOB	RUMOB	RUMOB	FESAR	RUMOB	LOLPE	RUMOB	NNNFW	P	
<b>Ca</b>	5,4	7,7	10,0	5,0	9,6	6,4	5,9	5,2	n.s.	6,2
<b>P</b>	4,8	4,3	4,0	4,0	6,3	5,4	3,8	3,9	n.s.	3,8
<b>Mg</b>	4,9	4,5	7,0	4,0	8,3	2,6	4,6	2,0	***	1,6
<b>K</b>	37,4	42,2	62,0	51,0	71,9	42,4	38,0	31,0	*	10
<b>Na</b>	0,2	0,2	0,4	0,4	1,9	3,3	0,3	0,9	**	1,5
<b>Cl</b>	4,5						8,0	6,5	n.s.	3,5
<b>S</b>	0,34						2,4	2,6	n.s.	2
<b>DCAB</b> [mEq*kg TM <sup>-1</sup> ]	818						623	488	n.s.	
<b>Spurenelemente</b> [mg*kg TM <sup>-1</sup> ]										
<b>Cu</b>	11		10,0	8,0			7,0	8,4	n.s.	10
<b>Fe</b>	569						110,0	188,0	n.s.	50
<b>Mn</b>	115		75,0	65,0			72,0	57,0	n.s.	50
<b>Zn</b>	42		41,0	24,0			34,0	33,0	n.s.	50

<sup>1</sup> Milchkuh, Laktationsmitte, 35 l Milch\*d<sup>-1</sup> (4 % MilCHFett, 3,6 % Milcheiweiß, 650 kg Lebendgewicht)

MAMORU et al. (1991) fand in Ampfer einen ähnlich niedrigen Natriumgehalt in Höhe von  $0,4 \text{ g*kg TM}^{-1}$ , während WILMAN & RILEY (1992) einen Wert von  $1,9 \text{ g*kg TM}^{-1}$  nennen. TERÖRDE (1997) fasst in ihrer Arbeit zusammen, dass aus tiergesundheitlicher Sicht weniger die absoluten K- bzw. Na-Gehalte, sondern eher das K / Na-Verhältnis ausschlaggebend ist. Werte oberhalb von  $10 - 15 / 1$  seien als kritisch zu bewerten. Diese Relation wird sowohl bei allen aufgeführten Gras-, als auch Ampfer-Ergebnissen teils sehr weit überschritten. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde im Mittel für Gras eine Relation von  $34 / 1$  und für Ampfer von  $126 / 1$  festgestellt.

Beim Chlor- und Schwefelgehalt wurden keine gesicherten Unterschiede zwischen den Probenarten beobachtet. Der Chlorgehalt von *R. obtusifolius* betrug  $8,0 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und lag damit nicht nur über dem von BOHNER (2001) berichteten Wert, sondern auch deutlich über der Bedarfsnorm in Höhe von  $3,5 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Der Schwefelgehalt in Höhe von  $2,4 \text{ g*kg TM}^{-1}$  deckte die Bedarfsmenge gut ab und lag deutlich über dem vom vorgenannten Autor berichteten Wert.

Die Futter-Kationen-Anionen-Differenz ergab im Mittel aller durchgeführten Untersuchungen für die Probenart Gras einen Wert von  $488 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$ . Dieser Wert liegt bereits über dem von STAUFENBIEL et al. (2009) empfohlenen Grenzwert zur Prophylaxe von Milchfieber in Höhe von  $200 - 300 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$ . Zurückzuführen ist dies im Wesentlichen auf den hohen Kaliumgehalt von Gras. Da dieser bei Ampfer noch höher liegt, steigt die DCAB dementsprechend weiter an. Für Ampfer wurde ein DCAB-Wert von  $623 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$  berechnet, der sich jedoch aus statistischer Sicht nicht von dem für Gras unterschied. Eine nachträglich anhand der Werte von BOHNER (2001) durchgeführte Berechnung ergab einen eher kritischen Wert in Höhe von  $818 \text{ mEq*kg TM}^{-1}$ .

Bei den Gehalten an Spurenelementen wurden keine gesicherten Unterschiede zwischen den Probenarten Gras und Ampfer festgestellt. Mit Ausnahme der hohen Eisengehalte beider Probenarten bewegten sich die Werte im Wesentlichen im Bereich der Bedarfsmengen, ähnliche Ergebnisse berichten auch die anderen aufgeführten Autoren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Bereich der Mineralstoffe und Spurenelemente von *R. obtusifolius* im Vergleich zu den untersuchten Grasproben mit Ausnahme des Kalium- und Natriumgehaltes keine schädlichen Auswirkungen auf die



Tiergesundheit zu erwarten sein dürften. Der hohe Kaliumgehalt beeinträchtigt die Alkalität der Futterration und die Verfügbarkeit der ohnehin geringen Mengen an Natrium. Natriummangel beeinträchtigt die Fresslust, führt zu Leistungsminderung und Störungen der Fruchtbarkeit. Die beschriebenen Auswirkungen beziehen sich jedoch generell auf die Inhaltsstoffe des reinen Ampfers und sind in der Fütterungspraxis auf die tatsächlich in der Ration enthaltenen Trockenmasseanteile zu beziehen und daher eher als geringfügig zu betrachten.

## **5.4 Silierversuche**

### **5.4.1 Eignung der Ausgangsmaterialien**

Anders als das im Rahmen der Felderhebungen zur Bestimmung der Schadwirkung von *R. obtusifolius* verwendete Pflanzenmaterial entstammt das Ausgangsmaterial der Silierversuche nicht jeweils identischen, sondern den in Tabelle 3-5 aufgeführten unterschiedlichen Standorten. Das bedeutet, Ampfer und Gras wuchsen nicht auf der gleichen sondern auf unterschiedlichen und teils weit voneinander liegenden Flächen und waren somit abweichenden Formen und Intensitäten der Bewirtschaftung ausgesetzt. Dies war erforderlich, da im Rahmen der Aufgabenstellung das Ziel bestand möglichst reine Partien von *L. perenne* und *R. obtusifolius* zu mischen und gemeinsam einzusilieren. Die erste Versuchsreihe startete 2007, erst nach Auswertung des im Rahmen der Felderhebungen (Punkt 3.1 und 4.1) gewonnenen Datenmaterials kristallisierte sich 2010 die Vermutung heraus, dass die Verwendung flächenidentischen Pflanzenmaterials besser für die Durchführung der Silierversuche geeignet gewesen wäre.

Daher soll zunächst überprüft werden, inwieweit sich das Ausgangsmaterial der Silierversuche von dem der gemeinsam aufgewachsenen Gras-Ampfer-Herkünfte der Felderhebungsstandorte in Bezug auf die Rohnährstoffe, die in-vitro-Verdaulichkeit und die Energiedichte unterscheidet (Tab. 5-6). Dabei wurden von den Erhebungsflächen nur die Daten des ersten Aufwuchses verwendet, da das Ausgangsmaterial der Silierversuche im Wesentlichen ebenfalls dem ersten Aufwuchs entnommen wurde.

**Tab. 5-6:** Rohnnährstoffgehalt, Verdaulichkeit und Energiedichte von Ampfer bzw. Gras aus Felderhebungen (1. Aufwuchs) im Vergleich zum Ausgangsmaterial der Silierversuche, Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche

Rohnährstoffe [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	Felderhebungen, 1. AW (n=18)		Silierversuche, AM, (n=18)	
	NNFW	RUMOB	LOLPE	RUMOB
<b>XA</b>	99 <sub>b</sub>	117 <sub>a</sub>	73 <sub>c</sub>	101 <sub>b</sub>
<b>XP</b>	188 <sub>b</sub>	226 <sub>a</sub>	142 <sub>c</sub>	236 <sub>a</sub>
<b>XL</b>	33 <sub>a</sub>	24 <sub>b</sub>	25 <sub>b</sub>	22 <sub>b</sub>
<b>XF</b>	221 <sub>a</sub>	152 <sub>b</sub>	239 <sub>a</sub>	164 <sub>b</sub>
<b>ADF<sub>org</sub></b>	266 <sub>b</sub>	335 <sub>a</sub>	251 <sub>b</sub>	215 <sub>c</sub>
<b>NDF<sub>org</sub></b>	508 <sub>a</sub>	426 <sub>b</sub>	514 <sub>a</sub>	296 <sub>c</sub>
<b>Lignin</b>	28 <sub>c</sub>	248 <sub>a</sub>	24 <sub>c</sub>	81 <sub>b</sub>
<b>NfE</b>	458 <sub>b</sub>	481 <sub>ab</sub>	522 <sub>a</sub>	477 <sub>b</sub>
<b>TS [g*kg FM<sup>-1</sup>]</b>	148 <sub>b</sub>	110 <sub>c</sub>	188 <sub>a</sub>	121 <sub>c</sub>
<b>ELOS [g*kg TM<sup>-1</sup>]</b>	779 <sub>a</sub>	560 <sub>c</sub>	768 <sub>a</sub>	687 <sub>b</sub>
<b>NEL [MJ*kg TM<sup>-1</sup>] 95 % KI</b>	<b>6,87<sub>a</sub></b> (6,79 - 6,94)	<b>5,15<sub>c</sub></b> (4,85 - 5,45)	<b>6,78<sub>a</sub></b> (6,69 - 6,88)	<b>6,24<sub>b</sub></b> (5,99 - 6,48)

Zwischen dem Gras des ersten Aufwuchses der Felderhebungsflächen und dem reinen *L. perenne* als dem Ausgangsmaterial der Silierversuche wurde kein gesicherter Unterschied in der Energiedichte festgestellt. Das resultiert im Wesentlichen aus einer vergleichbaren in-vitro-Verdaulichkeit und Zusammensetzung der schwer- bzw. unverdaulichen Zellwandbestandteile. Das in Reinsaat angebaute *L. perenne* zeigte signifikant geringere Rohprotein- und Rohfettgehalte, diese wirkten sich jedoch nicht nennenswert auf die Energiedichte aus. Der für die Silierversuche verwendete Ampfer hatte im Mittel aller Ergebnisse einen deutlich geringeren Lignin- und damit auch ADF<sub>org</sub> –Gehalt als der Ampfer der Felderhebungsflächen. Im Gegensatz zu den gesicherten Unterschieden im Rohfett- und Rohproteingehalt der Gräser wurden beim Ampfer keine derartigen Unterschiede festgestellt. In der Summe dieser Faktoren ergibt sich ein signifikanter Unterschied sowohl in der Verdaulichkeit als auch in der Energiedichte zwischen dem Ampfer der Felderhebungen (5,15 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>, 95 % KI: 4,85 – 5,45) und dem Ampfer der Silierversuche (6,24 MJ NEL \*kg TM<sup>-1</sup>, 95 % KI: 5,99 – 6,48). Die Herkünfte des Ampfers entstammen somit unterschiedlichen Grundgesamtheiten und sind daher in Bezug auf wesentliche Parameter des Futterwertes nicht miteinander vergleichbar.

Die Differenz zwischen dem Gras der Felderhebungen mit einer Energiedichte von

6,87 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> (95 % KI: 6,80 – 6,94) und dem von der gleichen Fläche geernteten Ampfer mit einer Energiedichte von 5,15 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> (95 % KI: 4,85 – 5,45) betrug 1,72 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 25,0 %. Bei der vergleichenden Betrachtung der Konfidenzintervalle der Mittelwerte für die Gesamtheit der Daten der Erhebungsflächen (Tab. 5-4) wird deutlich, dass sowohl der Ampfer als auch das Gras des ersten Aufwuchses dieser Grundgesamtheit zuzuordnen sind. Die Differenz der Energiedichte zwischen dem Gras und dem Ampfer des Ausgangsmaterials der Silierversuche betrug hingegen nur 0,54 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 8 % (Tab. 5-6). Die Energiedichte des Ampfers betrug 6,24 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> (95 % KI: 5,99 – 6,48) und unterschied sich somit wie bereits beschrieben nicht nur signifikant vom Ampfer des ersten Aufwuchses der Erhebungsflächen, sondern auch von der Gesamtheit der Daten aller Aufwüchse.

Die Gesamtheit des Ausgangsmaterials der Silierversuche zeigte bei den Rohnnährstoffen, der in-vitro-Verdaulichkeit und der Energiedichte signifikante Unterschiede zum Pflanzenmaterial der Felderhebungsflächen. Die ungefilterte gemeinsame Verwendung von den in beiden Projektteilen gewonnenen Erkenntnissen im Modell zur ökonomischen Bewertung des Schadauftritts von *R. obtusifolius* ist somit nicht sinnvoll bzw. zulässig.

In Abbildung 4-30 sind die Relationen der Energiedichte zwischen Ampfer und Weidelgras im Ausgangsmaterial der Silierversuche dargestellt. Im Versuch TH-2010 und BY-2007 lag die mittlere Energiedichte von Ampfer über der von Gras. Ähnliches wurde bei den vorliegenden 72 Wertepaaren der Felderhebungsflächen in keinem Fall beobachtet. Dies deckt sich darüberhinaus mit den Erfahrungen von COURTNEY & JOHNSTON (1978) sowie DITTMANN & BOCKHOLT (2004), die bei der paarweisen Betrachtung vergleichbarer Herkünfte in keinem einzigen Fall für Ampfer eine höhere Energiedichte bzw. Verdaulichkeit als für Gras feststellten.

Die kleinste Differenz der Energiedichte zwischen beiden Probenarten lag nach DITTMANN & BOCKHOLT (2004) bei 0,76 MJ \*kg TM<sup>-1</sup>, die kleinste Differenz der Einzelwerte in den Felderhebungen der vorliegenden Arbeit lag bei einem Wert von 0,68 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>. Bei der Anwendung dieses Wertes als Ausschlusskriterium für die Verwendbarkeit der Ergebnisse der Silierversuche auf das zu entwickelnde ökonomische Modell müssen neben den bereits genannten Versuchen TH-2010 und BY-2007 auch die Ergebnisse der Versuche SN-2010 (Differenz 0,41 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>),

TH-2007 und TH-2008 (Differenz 0,51 bzw. 0,57 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>) sowie BY-2008 (Differenz 0,24 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup>) verworfen werden. Einzig die Versuche SN-2007 und SN-2008 weisen im Ausgangsmaterial Unterschiede im Energiegehalt zwischen Ampfer und Gras auf, die mit denen der Felderhebungsflächen vergleichbar sind. Ein durchgeführter Mittelwertvergleich bestätigte die Zugehörigkeit der Ausgangsmaterialien dieser beiden Silierversuche zur Grundgesamtheit der Wertepaare der Erhebungsflächen. Der Mittelwert der Energiedichte von Gras betrug 6,98 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> (95 % KI: 6,67 – 7,29). Mit einer Differenz von 1,44 MJ \*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 20,6 % lag der Wert von Ampfer bei 5,54 MJ NEL\*kg TM<sup>-1</sup> (95 % KI: 5,31 – 5,77).

Bei der Anlage von Versuchen mit Pflanzenmischungen werden die Komponenten häufig unterschiedlichen Populationen entnommen, da sie vergesellschaftet selten in der geforderten Qualität oder Quantität bzw. frei von unerwünschten Pflanzenarten vorkommen. HEJDUK & DOLEZAL (2004) arbeiteten beispielsweise mit Ampfer, der rund 130 km entfernt vom Standort des Grases entnommen wurde. DANIEL (1998B) mischte Weidelgras aus intensivem Reinanbau mit Wiesenknöterich von extensiv genutzten Wiesen. Problematisch dürfte dies insbesondere dann sein, wenn Pflanzenarten von unterschiedlichen Standorten des Freilandes miteinander kombiniert werden. In der vorliegenden Arbeit wurden diesbezügliche Effekte aufgezeigt. Nach HATCHER et al. (1997) variiert der TS-Gehalt von *R. obtusifolius* in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung. Auf ungedüngten Flächen hatte Ampfer einen höheren TS-Gehalt als auf gut mit Stickstoff versorgten Flächen. Ferner wiesen die Autoren nach, dass Nitrat-Stickstoffdüngung im Gegensatz zur Düngung mit Ammoniumstickstoff zur Anreicherung von Oxalsäure und Nitraten in der Pflanze führt, was wiederum Auswirkungen auf die Verdaulichkeit und die Siliereignung haben kann. MEISTER & LEHMANN (1988) wiesen darauf hin, dass innerhalb von Pflanzenarten eine ökotypische und umweltbedingte Variabilität besteht, die aber kleiner als die zwischen verschiedenen Pflanzenarten ist. Beim Mineralstoffgehalt besteht beispielsweise ein enger Zusammenhang zum Nährstoffzustand des Bodens. Geeigneter scheint daher das Vorgehen von ISSELSTEIN (1994) zu sein, der die benötigten Proben im Reinanbau in Gefäßen unter vergleichbaren äußeren Bedingungen heranzog. OPITZ v. BOBERFELD & JUCKEN (1995) stellten darüber hinaus resümierend fest, dass das Mischen von Pflanzenmaterial verschiedener Arten von unterschiedlichen Standorten nicht die Auswirkungen von interspezifischer Konkurrenz

auf die Inhaltsstoffe von gemeinsam an einem Standort aufgewachsenen Arten erfasst und dadurch unter anderem die Gärfähigkeit oder die Gärfutterqualität Veränderungen unterworfen sein können. Auch BISKUPEK (1993) bemerkte, dass die interspezifische Konkurrenz wertgebende Inhaltsstoffe beeinflussen kann und vermutete, dass unter anderem auch die gegenseitige Beschattung oder Interaktionen in der Rhizosphäre von Bedeutung sein können.

Zur Sicherstellung der Gewinnung von artenreinem Pflanzenmaterial von *R. obtusifolius* und *L. perenne* von identischen Freilandstandorten können Ampferpflanzen in bestehende Reinsaat von Weidelgras eingesät oder eingepflanzt werden (COURTNEY, 1985; HONGO, 1989B; NIGGLI, NÖSBERGER & LEHMANN, 1993). Eine andere Möglichkeit besteht in der Auswahl einer Fläche mit entsprechendem Ampferbefall, der gezielten Vernichtung der bestehenden Grasnarbe mit selektiv wirkenden Graminiziden und der Einsaat des gewünschten Grases. Diese Variante ermöglicht die Schaffung von Beständen mit einem praxisrelevanten Befall an etabliertem Ampfer.

#### **5.4.2 Bewertung der Silierfähigkeit und Gärqualität**

Nach der 24-stündigen Anwelkdauer wurde mit Mittel aller Grasproben ein TS-Gehalt von  $218 \text{ g*kg TM}^{-1}$  erreicht, während der TS-Gehalt der Ampferproben nach gleicher Anwelkdauer bei nur  $141 \text{ g*kg TM}^{-1}$  lag (Abb. 4-25). Das Ausgangsmaterial der Silierversuche erreichte damit nicht den für Grassilagen optimalen TS-Gehalt von 30 % bis 40 % der Frischmasse (KALZENDORF, 1997). Der weitere Anstieg des TS-Gehaltes während der Silierung ist nicht erklärbar.

Niedrige TS-Gehalte begrenzen nicht nur die TM-Futteraufnahme, sondern können auch den Konservierungsprozess negativ beeinflussen und die Entstehung von unerwünschten Gärprodukten begünstigen. Zentrale Aufgabe bei der Silagebereitung ist die dauerhafte Unterbindung des Luftaustausches mit der Atmosphäre durch die äußere Abdichtung des Lagerraumes und eine weitgehende Reduzierung der eingeschlossenen Luftmenge durch intensive Verdichtungsarbeit. PEYKER (2003) fordert daher zur Erreichung eines niedrigen Porenvolumens Einlagerungsdichten von 600 bis  $700 \text{ kg FM*m}^{-3}$ . Mit mittleren Frischmasse-Einlagerungsdichten zwischen  $761 \text{ g*L}^{-1}$  bei reinem *L. perenne* und  $841 \text{ g*L}^{-1}$  bei *R. obtusifolius* konnte unter Laborbedingungen dieser Forde-

rung entsprochen werden (Tab. 4-23). Die höheren Einlagerungsmengen der reinen Ampferproben resultieren allerdings aus dem unerwünscht geringeren TS-Gehalt und der entsprechend höheren Wassermenge. Günstiger scheint es daher zu sein, die Einlagerungsdichte auf Basis der Trockenmasse zu definieren. SCHMERBAUCH (2000) empfiehlt beispielsweise für das sichere Wirken von Silierzusätzen eine Mindest-Einlagerungsdichte von  $200 - 210 \text{ kg TM} \cdot \text{m}^{-3}$ . Werden die in die Laborsiliergefäße eingelagerten Mengen an Frischmasse in Relation zu den TS-Gehalten gebracht, errechnet sich bei reinem Weidelgras im Mittel aller Proben eine Einlagerungsmenge von  $166 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$  und bei reinem Ampfer von  $119 \text{ g TM} \cdot \text{L}^{-1}$ . Das Nichterreichen der optimalen TM-Einlagerungsdichten ist somit nicht auf eine ungenügende Verdichtungsarbeit während der Befüllung der Siliergefäße, sondern auf den zu niedrigen Trockensubstanzgehalt der angewelkten Ausgangsmaterialien zurückzuführen. Die Auslagerungsdichten der einzelnen Modellsilagen sind in Abbildung 4-26 abgetragen. Bei rund einem Drittel aller Proben wurde in bezug auf den Richtwert zur aeroben Lagerungsstabilität (HONIG, 1986) keine ausreichende Lagerungsdichte erreicht. Davon waren sowohl reine Ampfer-, als auch Grassilagen und ebenso die Mischungsstufen der Modellsilagen betroffen, besondere Schwerpunkte bei höheren Ampferanteilen waren dabei nicht erkennbar.

Die im Labormaßstab nach der Methode von WEIßBACH (1998A) ermittelten Gärverluste verhielten sich unspezifisch (Abb. 4-27). Einerseits lagen die Gärverluste der reinen Ampfersilagen wie in den Versuchen SN-2010 und TH-2010 weit über denen der reinen Grassilagen, andererseits zeigte sich wie im Versuch BY-2007 ein gegensätzliches Bild oder es traten nur geringfügige Unterschiede zwischen den Probenarten auf. Über alle Untersuchungen hinweg lagen die mittleren Gärverluste der Grassilagen bei 8,6 % und die der reinen Ampfersilagen bei vergleichbaren 8,8 %. Die beobachteten Schwankungen der Gärverluste sind weder den Mischungsvarianten der Modellsilagen, noch den Versuchsjahren oder Standorten eindeutig zu zuordnen, so dass diese als zufällig einzustufen sind.

Nach WEIßBACH (1998B) findet bei *R. obtusifolius* aufgrund des hohen Gehaltes an Oxalsäure und des daraus resultierenden niedrigen pH-Wertes im Zellsaft des Ausgangsmaterials so gut wie keine Milchsäuregärung statt. Dennoch induziert ein Vergleich der Menge der vergärbaren Kohlenhydrate zwischen dem Ausgangsmaterial und den fertigen Silagen einen nicht unerheblichen Stoffumsatz während der Lagerungs-

dauer. Im Rahmen der 2008 und 2010 analysierten Proben wurde bei Ampfer im Ausgangsmaterial ein mittlerer Zuckergehalt von  $111 \text{ g*kg TM}^{-1}$  festgestellt, nach Abschluss der Konservierung wurden davon noch  $50 \text{ g*kg TM}^{-1}$  nachgewiesen (Tab. 4-24). Zum Stärkegehalt von Ampfer liegen nur Ergebnisse aus dem Jahr 2008 vor, im Ausgangsmaterial wurde ein mittlerer Gehalt in Höhe von  $88 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gemessen, zum Abschluss der Lagerungsdauer verblieben davon noch  $39 \text{ g*kg TM}^{-1}$  (Abb. 4-28). In Summe verringerte sich die Menge der vergärbaren Kohlenhydrate bei Ampfer von  $199 \text{ g*kg TM}^{-1}$  auf  $89 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und bei Weidelgras von  $167 \text{ g*kg TM}^{-1}$  auf  $35 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Während der Konservierung ergab sich bei reinem Ampfer somit ein Umsatz an vergärbaren Kohlenhydraten in Höhe von  $110 \text{ g*kg TM}^{-1}$  und bei Weidelgras in Höhe von  $132 \text{ g*kg TM}^{-1}$ . Diesen ähnlichen Kohlenhydratumsätzen stehen unterschiedliche Mengen an gebildeten Gärsäuren gegenüber. Der Gehalt an Buttersäure war bei allen Silagen vernachlässigbar gering und muss daher nicht näher betrachtet werden. In Summe von Milchsäure und Essigsäure ergab sich im Mittel aller Silagen aus reinem Weidelgras ein Wert von  $63,3 \text{ g*kg TM}^{-1}$  gegenüber einem Wert von  $18,8 \text{ g*kg TM}^{-1}$  in reinen Ampfersilagen. Diese Relation der Summen der erwünschten Gärsäuren stellte sich auch ein, wenn nur die Silagen in die Berechnung einbezogen wurden, für die die entsprechenden Gehalte an Zucker bzw. Stärke ermittelt wurden. Auch die Gehalte an Ethanol (Tab. 4-28) oder die Höhe der ermittelten Gärverluste geben keinen Hinweis auf den Verbleib der Umsetzungsprodukte der im Ausgangsmaterial der Ampfersilagen enthaltenen und nicht im Rahmen der Milchsäuregärung verbrauchten Kohlenhydrate.

In Tabelle 5-7 ist das Gärsäurespektrum der Modellsilagen nochmals zusammenfassend dargestellt. Gleichzeitig erfolgt eine vergleichende Auflistung entsprechender Ergebnisse anderer Autoren. Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass WEIßBACH (1998B) mit frischem, d.h. mit nicht angewelktem Ausgangsmaterial arbeitete, während HEJDUK & DOLEZAL (2004) in den einzig vorliegenden Versuchsergebnissen zu binären Silagemischungen aus Weidelgras und Ampfer einerseits mit natürlich angewelktem Gras und andererseits mit künstlich getrocknetem Ampfer arbeiteten, so dass beide Ergebnisse bezüglich der Methodik nicht direkt mit der vorliegenden Arbeit übereinstimmen.

**Tab. 5-7:** Gärsäurespektrum [g\*kg TM<sup>-1</sup>] der Modellsilagen aus eigenen Untersuchungen (Zusammenfassung der Tab. 4-25...29) im Vergleich zu Ergebnissen anderer Autoren sowie Benotung der Gärqualität nach verschiedenen Bewertungsschlüsseln

	WEIßBACH (1998B) Frischsilage	HEJDUK & DOLEZAL (2004) RUMOB getrocknet, NNNFW angewelkt			Eigene Ergebnisse RUMOB u. LOLPE angewelkt 24 h, (n=24)					
	RUMOB	NNNFW	50 / 50	RUMOB	LOLPE	05 / 95	10 / 90	20 / 80	40 / 60	RUMOB
<b>TS</b> [g*kg FM <sup>-1</sup> ]	135	289	334	326	265	259	254	255	236	190
<b>MS</b>	82,9	101	84,5	37,1	32,5	29,6	25,1	23,9	25,1	10,2
<b>ES</b>	11,1	25,2	18,3	17,1	17,5	14,4	8,9	14,2	8,9	3,5
<b>BS</b>	0,07	< 0,3	< 0,3	< 0,3	1,09	1,42	1,08	1,63	1,98	0,18
<b>Ethanol</b>		4,8	4,4	3,4	17,3	16,4	16,5	16,5	17,4	15,4
<b>NH3-N % d. Ges N</b>	1,3	7	6,98	6,54	4,93	4,09	4,78	5,28	4,67	2,72
<b>pH-Wert</b>	4,8	4,3	4,3	4,6	4,3	4,2	4,3	4,3	4,2	4,4
<b>DLG 2006</b>										
	II	I	I	I	I	I	I	I	I	I
BS	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
ES	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pH-Wert	-5	5	10	5	5	5	5	0	5	0
Summe	85	95	100	95	95	95	95	90	95	90
<b>DLG 1997<sup>1</sup></b>										
	II	I	I	II	I	II	II	II	II	III
BS	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
NH3-N % d. Ges N	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
pH-Wert	25	25	25	20	25	25	25	20	25	15
ES	-10	0	-5	-5	-5	-10	-15	-10	-15	-20
Summe	90	100	95	90	95	90	85	85	85	70
<b>Lettiner Schlüssel</b>										
	n.b.	II	I	I	II	II	II	II	II	III
NH3/XP (FM)		30	29	30	31	31	31	30	31	33
pH-Wert		35	50	40	35	35	35	35	30	20
TM		10	15	15	4	5	5	5	0	0
Summe		75	94	85	70	71	71	70	61	53

<sup>1</sup> nach WEIßBACH & HONIG (1997)

Die Mengen an gebildeter Milchsäure bzw. Essigsäure unterschieden sich jeweils signifikant zwischen den Silagen aus reinem Weidelgras bzw. Ampfer. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erkenntnissen von HEJDUK & DOLEZAL (2004), wenn auch die absoluten Gehalte beider Gärsäuren in den eigenen Untersuchungen deutlich niedriger lagen. Keine gesicherten Unterschiede traten im Ethanolgehalt und im Anteil des Ammoniak-



stickstoffgehaltes am Gesamtstickstoff auf. Bei beiden Parametern wurden bei *R. obtusifolius* jedoch tendenziell geringere Gehalte als beim Weidelgras gefunden. Der pH-Wert der untersuchten Modellsilagen zeigte keine Abhängigkeit von den entsprechenden Mischungsanteilen und stimmte im Wesentlichen mit den Werten der beiden anderen Autoren überein.

Die zusammenfassende Bewertung der Gärqualität erfolgte nach den aufgeführten Verfahren und wurde bei den Silagen der anderen Autoren nachträglich durchgeführt, sofern dies aufgrund der Datenverfügbarkeit möglich war. Bei Anwendung des derzeit empfohlenen Bewertungsschlüssels (ANONYM, 2006) wurden mit Ausnahme der Ampfersilage von WEIßBACH alle anderen reinen Gras- bzw. Ampfersilagen und auch die jeweiligen Mischungsstufen durchgängig mit der höchsten Note ‚1‘ bewertet. Dies ist im Wesentlichen auf das gewünschte Nichtauftreten von Buttersäure und die niedrigen Gehalte an Essigsäure zurückzuführen. Essigsäuregehalte von bis zu 3 % der Trockenmasse werden dabei positiv bewertet und erfordern keinen Punkteabzug. Das Bewertungsverfahren kann bei allen Gärungssilagen zum Einsatz kommen (WEIß, 2011), eine tatsächlich stattfindende Milchsäuregärung wird dabei offensichtlich vorausgesetzt. Wie die Ergebnisse der Modellsilagen aber belegen und auch das Ergebnis von HEJDUK & DOLEZAL (2004) zeigt, findet mit steigenden Ampferanteilen sukzessive immer weniger Milchsäuregärung statt, bis sie bei reinen Ampfersilagen nahezu vollständig zum Erliegen kommt (WEIßBACH 1998B). Wenn auch der Modellfall der reinen Ampfersilage in der landwirtschaftlichen Praxis eher nicht auftritt, stellt sich dennoch die Frage, ob Grassilagen vom Dauergrünland mit höheren Anteilen an Pflanzenarten mit natürlichem Säuerungsvermögen im Rahmen des derzeit von der DLG empfohlenen Bewertungsschlüssels möglicherweise zu positiv eingestuft werden. Die Klärung der Frage, inwieweit die niedrigen Essigsäuregehalte der Ampfersilagen zu einer geringeren aeroben Stabilität durch gesteigerte Hefebildung führen oder ob dies durch die hohen Oxalsäuregehalte des Ampfers möglicherweise zuverlässig unterbunden wird, bleibt zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

Der ab 1997 bis 2006 von der DLG empfohlene Bewertungsschlüssel nach WEIßBACH & HONIG (1997) bewertet hingegen detailliert das Auftreten von Essigsäuregehalten von kleiner als 3 % der Trockenmasse und berücksichtigt die dadurch gegebene geringere aerobe Stabilität und die Neigung solcher Silagen zur Nacherwärmung. Dabei führen

Essigsäurekonzentrationen von weniger als 2 % der Trockenmasse zu steigenden Punktabzügen und dementsprechend zu sinkenden Gesamtnoten. In Tabelle 5-7 sind auch diese Bewertungen dargestellt. Deutlich ist die starke Abhängigkeit der Gesamtnote der Gärqualität der Modellsilagen vom Essigsäuregehalt erkennbar. Da darüber hinaus auch der pH-Wert der Silagen eine stärkere Gewichtung als nach dem Schlüssel DLG-2006 erfährt, ergibt sich mit steigenden Mischungsanteilen von *R. obtusifolius* eine tendenziell fallende Gesamtbenotung. Silage aus reinem *L. perenne* wurde dabei mit der Bestnote ‚1‘ bewertet, ab einem Frischmasse-Mischungsanteil von *R. obtusifolius* in Höhe von 5 % sank die Benotung auf die Stufe ‚2‘, während Silagen aus reinem Ampfer die Note ‚3‘ erhielten. Ohne die Anwendbarkeit der genannten DLG-Schlüssel auf die in dieser Arbeit beschriebenen Modellsilagen bewerten zu wollen, würde aus Sicht des Landwirtes vermutlich die Bewertung nach dem heute nicht mehr empfohlenen Schlüssel DLG-1997 eher auf die mit hohen Ampferanteilen verbundenen Probleme der Verschlechterung von Grassilagen verweisen.

Beim ebenfalls eingesetzten Lettiner-Schlüssel (ANONYM, 1971) erfolgt die Einbeziehung der Trockenmasse in die Bestimmung der Gärqualität. Neben dieser wirkt sich auch der höhere pH-Wert von ampferhaltigen Silagen negativ auf das Bewertungsergebnis aus. Die sehr guten Noten der Silage aus reinem Ampfer bzw. der 50 / 50 Mischungsvariante von HEJDUK & DOLEZAL (2004) ergeben sich vordergründig aus der Verwendung von künstlich getrocknetem Ampfer, den dadurch bedingten höheren TM-Gehalten und der resultierenden besseren Bewertung der Beziehung zwischen Trockenmasse und pH-Wert und stellen somit kein vergleichbares oder praxisrelevantes Ergebnis dar.

#### **5.4.3 Inhaltsstoffe und Futterwert der Modellsilagen**

Neben den Gärverlusten und der Gärqualität bestimmen der Futterwert basierend auf den Rohnährstoffen und der Energiedichte sowie die Mineralstoff- und Spurenelementgehalte maßgeblich über die Qualität der Silage. Die Ergebnisse der Parameter des Futterwertes der Modellsilierversuche wurden detailliert in den Tabellen 4-30...39 beschrieben. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit werden die zusammengefassten

Daten nochmals in Tabelle 5-8 dargestellt und mit den Orientierungswerten für gute Grassilagen nach SPIEKERS (2004) verglichen.

Nur geringe Veränderungen vom Ausgangsmaterial zur Silage gab es im Rahmen aller vorliegenden Analysenergebnisse bei den Parametern Rohasche, Rohprotein, Rohfaser, Lignin und den N-freien-Extraktstoffen. Die Verluste bzw. relativen Zunahmen unterschieden sich dabei zwischen *L. perenne* und *R. obtusifolius* nur in unbedeutendem Maße. Mit Ausnahme der Rohprotein- und Rohfasergehalte der reinen Ampfersilagen lagen die Gehalte der genannten Parameter der Modellsilagen im Bereich der empfohlenen Orientierungswerte. Auf die hohen Rohproteinwerte des Ampfers und deren Auswirkungen auf die Ruminale-Stickstoff-Bilanz wurde bereits bei der Diskussion der Ergebnisse der Felderhebungen unter Punkt 5.3 eingegangen, gleiches gilt sinngemäß auch für die vorliegenden Modellsilagen. Aus praxisrelevanter Sicht dürften die hohen Rohproteingehalte von Ampfer in Grassilagen dennoch kaum negative Auswirkungen haben, da bis zum höchsten untersuchten Ampfer-Frischmasseanteil von 40 % die Orientierungswerte nach SPIEKERS (2004) eingehalten wurden und darüber hinausgehende Mengenteile vermutlich selten anzutreffen sein werden.

**Tab. 5-8:** Rohnährstoffe, Verdaulichkeit und Energiedichte der Mischungsstufen der Modellsilagen und deren Ausgangsstoffen (Zusammenfassung der Tab. 4-30...39) im Vergleich zu Orientierungswerten für gute Grassilagen

Rohnährstoffe [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	AM (n = 18)		Silage (n = 24)						Orientierungswerte <sup>1</sup>
	LOLPE	RUMOB	LOLPE	RUMOB	05/95	10/90	20/80	40/60	
<b>XA</b>	72 <sub>b</sub>	100 <sub>a</sub>	75 <sub>b</sub>	95 <sub>a</sub>	75 <sub>b</sub>	76 <sub>b</sub>	77 <sub>b</sub>	80 <sub>b</sub>	< 100
<b>XP</b>	138 <sub>b</sub>	233 <sub>a</sub>	139 <sub>b</sub>	223 <sub>a</sub>	140 <sub>b</sub>	143 <sub>b</sub>	151 <sub>b</sub>	166 <sub>b</sub>	< 170
<b>XL</b>	25 <sub>c</sub>	22 <sub>c</sub>	35 <sub>a</sub>	24 <sub>c</sub>	35 <sub>a</sub>	33 <sub>ab</sub>	31 <sub>ab</sub>	30 <sub>b</sub>	-
<b>XF</b>	239 <sub>a</sub>	164 <sub>c</sub>	244 <sub>a</sub>	149 <sub>c</sub>	236 <sub>ab</sub>	237 <sub>a</sub>	230 <sub>ab</sub>	215 <sub>b</sub>	220 - 260
<b>ADF<sub>org</sub></b>	251 <sub>b</sub>	199 <sub>c</sub>	272 <sub>a</sub>	218 <sub>c</sub>	265 <sub>ab</sub>	266 <sub>ab</sub>	265 <sub>ab</sub>	259 <sub>ab</sub>	230 - 270
<b>NDF<sub>org</sub></b>	514 <sub>a</sub>	285 <sub>e</sub>	464 <sub>b</sub>	241 <sub>f</sub>	451 <sub>bc</sub>	443 <sub>bc</sub>	429 <sub>cd</sub>	399 <sub>d</sub>	400 - 480
<b>Lignin</b>	24 <sub>c</sub>	74 <sub>a</sub>	28 <sub>bc</sub>	86 <sub>a</sub>	29 <sub>bc</sub>	27 <sub>bc</sub>	30 <sub>bc</sub>	34 <sub>b</sub>	-
<b>NfE</b>	522 <sub>a</sub>	477 <sub>b</sub>	500 <sub>ab</sub>	504 <sub>ab</sub>	510 <sub>ab</sub>	507 <sub>ab</sub>	508 <sub>ab</sub>	507 <sub>ab</sub>	-
<b>TS<sub>k</sub></b> [g*kg FM <sup>-1</sup> ]	212 <sub>cd</sub>	139 <sub>e</sub>	265 <sub>a</sub>	190 <sub>d</sub>	259 <sub>ab</sub>	254 <sub>ab</sub>	255 <sub>ab</sub>	236 <sub>bc</sub>	300 - 400
<b>ELOS</b> [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	769 <sub>a</sub>	689 <sub>b</sub>	729 <sub>ab</sub>	627 <sub>cd</sub>	738 <sub>ab</sub>	727 <sub>ab</sub>	718 <sub>b</sub>	699 <sub>b</sub>	> 650
<b>NEL</b> [MJ*kg TM <sup>-1</sup> ]	6,78 <sub>a</sub>	6,24 <sub>cd</sub>	6,64 <sub>ab</sub>	5,85 <sub>d</sub>	6,71 <sub>ab</sub>	6,61 <sub>b</sub>	6,52 <sub>bc</sub>	6,38 <sub>c</sub>	> 6,40

<sup>1</sup> Orientierungswerte für gute Grassilagen, nach SPIEKERS (2004)

Der ADF<sub>org</sub>-Gehalt erhöhte sich bei beiden Probenarten vom Ausgangsmaterial zur Silage, während der NDF<sub>org</sub>-Gehalt durch den Abbau von Polysacchariden rückläufig war. Die Veränderungen bei beiden Parametern entsprachen den typischen Vorgängen bei der Bereitung von Gärsilagen. Wiederum wurden nur bei der reinen Ampfersilage Gehalte der beiden Faserbestandteile außerhalb der Orientierungswerte beobachtet.

Während der Lagerungsdauer kam es zu einem Anstieg des Rohfettgehalts von 40 % bei *L. perenne* und von 9 % bei *R. obtusifolius* gegenüber dem jeweiligen Ausgangsmaterial. Der absolute Gehalt an Rohfett bleibt während der Silierung normalerweise konstant. Durch den Umbau von Kohlenhydraten und Eiweiß hin zu Gärprodukten kommt es zu einer Verringerung der absoluten Trockenmasse, dies führt rechnerisch zu steigenden relativen Rohfettgehalten. Inwieweit damit der im Rahmen der vorliegenden Arbeit beobachtete Anstieg des Rohfettgehaltes von Weidelgras im Vergleich zu Ampfer begründbar ist, kann nicht geklärt werden. Ein ähnlicher Anstieg der absoluten Fettgehalte in Grassilagen wurde nach 18-monatiger Lagerungsdauer aber auch von BUCHGRABER (2009) beobachtet.

Der mittlere Trockensubstanzgehalt von Weidelgras stieg während der Lagerungsdauer von 212 g\*kg FM<sup>-1</sup> um 25 % auf 265 g\*kg FM<sup>-1</sup>, während der TS-Gehalt des Ampfers von 139 g\*kg FM<sup>-1</sup> im Ausgangsmaterial um 37 % auf 190 g\*kg FM<sup>-1</sup> in der reinen Ampfersilage anstieg. Damit lagen nicht nur die reinen Weidelgras- bzw. Ampfersilagen sondern auch alle binären Mischungsvarianten unterhalb des empfohlenen Bereichs der Orientierungswerte. Die Wirkung der unterschiedlichen TS-Gehalte von Gras und Ampfer der Silierversuche als auch die der im Rahmen der Felderhebungen gewonnenen Daten werden unter Punkt 5.5 diskutiert.

Die in-vitro-Verdaulichkeit der reinen Graskomponente verringerte sich im Mittel aller Silierversuche während der Lagerungsdauer um 5,2 %. Bei Ampfer wurde mit 9 % ein stärkerer Rückgang der Verdaulichkeit beobachtet. Die Mischungsstufen der Modellsilagen zeigten im Wesentlichen einen linearen und von den Ampfer-Mischungsanteilen abhängigen Verlauf. Wie bereits in der Abbildung 5-9 aufgezeigt, besteht zwischen der in-vitro-Verdaulichkeit von Gras bzw. Ampfer und der entsprechenden Energiedichte ein sehr hoher Zusammenhang. Dementsprechend verhielten sich auch die Energiedichten der Silagevarianten. Unter Einbeziehung aller durchgeführten Silierversuche kam es während der Konservierungsphase bei Weidelgras zu einem Energieverlust in Höhe von

0,14 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. von 2,1 %. Die Energiedichte des Ampfers sank hingegen um 0,39 MJ\*kg TM<sup>-1</sup> bzw. 6,0 %. Die NEL-Werte der Mischungsstufen zwischen Ampfer und Gras zeigten analog zu den Ergebnissen der in-vitro-Verdaulichkeit ebenfalls einen linearen Verlauf, so dass synergistische oder antagonistische Einflüsse der Probenarten auf den Silierprozess weitgehend ausgeschlossen werden können (DANIEL, 1998B).

Auf das Problem der bei den Silierversuchen verwendeten unterschiedlichen Herkünfte der Probenarten wurde bereits unter Punkt 5.4.1 ausführlich eingegangen. Nur in den Versuchen SN-2007 und SN-2008 wurde beim Vergleich der Ausgangsmaterialien in Bezug auf die Energiedichte als entscheidendes Auswahlkriterium eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der umfangreichen Felderhebungen festgestellt. Insofern sind die in Tabelle 5-8 zusammengefassten Ergebnisse der Gesamtheit der von 2007 bis 2010 durchgeführten Silierversuche kritisch zu hinterfragen. Bestenfalls lassen sich tendenzielle Schlussfolgerungen auf Basis der relativen Veränderungen für die reinen Probenarten ziehen. Das betrifft gegebenenfalls auch die Ergebnisse der Mineralstoff- und Spurenelementgehalte der Modellsilagen, auf deren Diskussion aus diesem Grund verzichtet wird. Eine wesentlich höhere Aussagekraft und Verallgemeinerungsfähigkeit kommt den Ergebnissen der bereits genannten Versuche SN-2007 und SN-2008 zu. Mit Ausnahme der Bewertung der Energiedichte wird dennoch aufgrund der geringen Anzahl auf eine separate Zusammenstellung dieser Daten verzichtet, die entsprechenden Werte können den Tabellen 4-30...39 entnommen werden. Auf diesbezüglichen weiteren Forschungsbedarf unter Verwendung von am selben Standort aufgewachsenen Probenmaterials wird ausdrücklich hingewiesen.

Die Würdigung der konservierungsbedingten Veränderung der Energiedichte von *L. perenne* bzw. *R. obtusifolius* ist von zentraler Bedeutung für das zu entwickelnde Modell zur ökonomischen Bewertung. Dazu wurde regressionsanalytisch der Rückgang der Energiedichte der Silagevarianten in Abhängigkeit vom TM-Mischungsanteil des Ampfers untersucht und in Abbildung 5-10 dargestellt. In der linken Abbildung (a) wurden die Daten aller Silierversuche in die Berechnung einbezogen, während die rechte Abbildung (b) nur die Daten der Versuche SN-2007 und SN-2008 zeigt. Beide Abbildungen dokumentieren ausschließlich den prozentualen Energieverlust, der auf den steigenden Ampfer-Mischungsanteil zurückzuführen ist.

Die Energiedichte des Ausgangsmaterials von reinem Weidelgras stellt dabei die Ausgangsbasis aller weiteren Betrachtungen dar, sie wurde mit dem relativen Wert ‚0‘ auf der y-Achse markiert. Die relative Energiedichte im Ausgangsmaterial von reinem Ampfer wurde versuchsspezifisch nach der folgenden Formel berechnet und ebenfalls abgetragen. Dabei steht  $NELr$  für die Energiedichte von Ampfer und  $NELg$  für die Energiedichte von Gras.

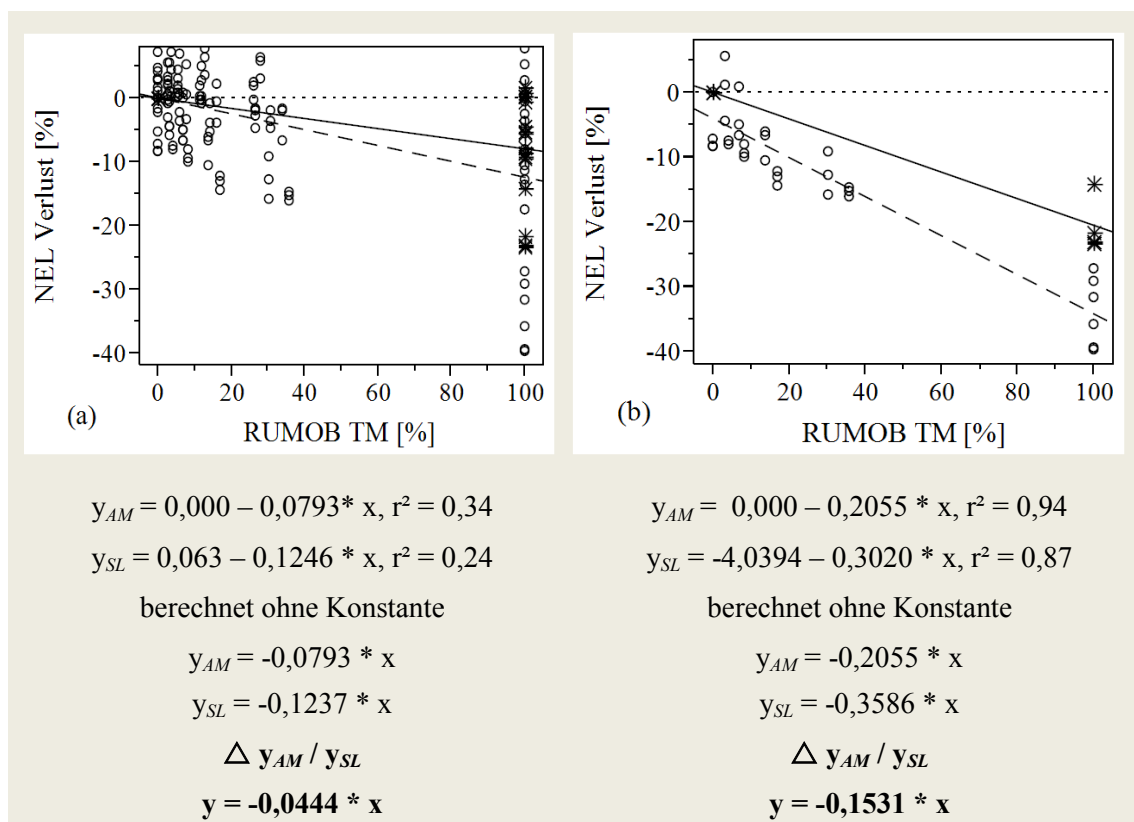
$$NEL\ AM [\%] = \frac{NELr\ AM [MJ/kg\ TM]}{NELg\ AM [MJ/kg\ TM]} * 100 \quad (20)$$

Die als durchgehender Strich gezeichnete Regressionsgerade ( $y_{AM}$ ) steht für den Unterschied der Energiedichten der Probenarten im Ausgangsmaterial und ist im Kontext mit dem unter Punkt 5.3 aufgezeigten und in Formel (19) beschriebenen Zusammenhang zwischen der Energiedichte von Gras und Ampfer zu interpretieren. Der berechnete Regressionskoeffizient von  $b = -0,0793$  entspricht einer Differenz der Energiedichte von reinem Weidelgras zu reinem Ampfer in Höhe von 7,93 %, bezogen auf die Gesamtheit aller durchgeführten Silierversuche. Es wird deutlich, dass dieser Wert nicht ansatzweise mit der in den Datenerhebungen des ersten Projektteils ermittelten Differenz des Energiegehaltes zwischen Gras und Ampfer in Höhe von 24,5 % übereinstimmt.

Die Energiedichten der Modellsilagen sind ebenfalls mit ihren relativen Werten dargestellt, die Silagen aus reinem Weidelgras wurden dabei wiederum auf den Wert ‚0‘ gesetzt und entsprechend abgetragen. Mit dieser Vorgehensweise wurden die konservierungsbedingten Energieverluste von reinem Weidelgras aus der Betrachtung ausgeschlossen. Diese treten stetig und unabhängig von den jeweiligen Ampfer-Mischungsanteilen in der Silage auf und brauchen daher bei der ökonomischen Bewertung des Schadauftritts von *R. obtusifolius* nicht berücksichtigt zu werden. Die relativen Energiedichten der einzelnen Silagevarianten wurden nach folgender Formel berechnet und in Abhängigkeit vom jeweiligen Ampfer-TM-Mischungsanteil in den Abbildungen dargestellt. Die Zusammensetzung der Silagevarianten SL 1...6 ergibt sich aus Punkt 3.2 der vorliegenden Arbeit.

$$NEL\ SL\ Variante\ 1...6 [\%] = \frac{NEL\ SL\ 1...6 [MJ/kg\ TM]}{NELg\ SL [MJ/kg\ TM]} * 100 \quad (21)$$

Die unterbrochen gezeichnete Linie zeigt die Regressionsgerade ( $y_{SL}$ ) für die Abhängigkeit der prozentualen Verluste der Energiedichte der Modellsilagen vom TM-Mischungsanteil des Ampfers bezogen auf die relative Energiedichte von Weidelgras im Ausgangsmaterial. Die Differenz zwischen der Ableitung für den unterschiedlichen Energiegehalt der Ausgangsmaterialien zur Ableitung für den Energieverlust der Modellsilagen zeigt den konservierungsbedingten negativen Einfluss der steigenden Ampferanteile auf den Gesamt-NEL-Gehalt der Silagevarianten. Dieser zusätzliche Energieverlust ist der Differenz der Energiedichten der Ausgangsmaterialien hinzuzufügen und bei der ökonomischen Berechnung entsprechend zu berücksichtigen.



**Abb. 5-10:** Abhängigkeit des NEL-Verlusts der Modellsilagen --o-- vom Ampfer-TM-Anteil, gegenüber den Energiedichten der Ausgangsmaterialien --\*--, Gleichungen der Regressionsgeraden, (a) Ergebnisse aller Silierversuche, (b) Ergebnisse der Versuche SN-2007 und SN-2008

Die Regressionsgleichungen und Bestimmtheitsmaße für beide Ableitungen sind ebenfalls in der Abbildung 5-10 dargestellt. Darüber hinaus wurden die Gleichungen mit einem vertretbaren Genauigkeitsverlust unter Eliminierung der Regressionskonstante neu berechnet. Aus der Differenz dieser vereinfachten Funktionen ergibt sich unter Ein-

beziehung aller Silierversuche (a) ein Regressionskoeffizient von  $b = -0,0444$ , dies entspricht einem konservierungsbedingten Rückgang der Energiedichte der Modellsilagen von 4,44 %, bezogen auf den jeweiligen Ampfer-TM-Mischungsanteil.

Wie bereits dargelegt, entsprechen in Bezug auf die Differenz der Energiedichten der Ausgangsmaterialien nur die Silierversuche SN-2007 und SN-2008 dem in den umfangreichen Felderhebungen gefundenen Muster. Die Regressionsgeraden wurden analog zu den vorigen Ergebnissen berechnet und in Abbildung 5-10 (b) dargestellt. Diese Funktionen zeigen mit Bestimmtheitsmaßen von  $r^2 = 0,94$  für die Ausgangsmaterialien und mit  $r^2 = 0,87$  für die Silagevarianten einen hohen bis sehr hohen Zusammenhang zwischen den Energieverlusten und den Ampfer-TM-Anteilen. Der Regressionskoeffizient der Anpassungsgerade über den Ausgangsmaterialien ( $b = -0,2055$ ) korrespondiert dabei gut mit dem in den Felderhebungen gefundenen Wert der mittleren Differenz der Energiedichten zwischen Gras und Ampfer in Höhe von 24,5 %. Für die Silagevarianten wurde gegenüber der Bezugsbasis des Ausgangsmaterials des reinen Weidelgrases ein Rückgang der Energiedichte mit einem Steigungsfaktor von  $b = -0,3586$  prognostiziert. Die Differenz der Steigungsfaktoren der beiden Anpassungsgeraden betrug  $b = -0,1531$ , dies entspricht einem konservierungsbedingten Energieverlust des Ampfers von 15,3 %.

Der von *R. obtusifolius* hervorgerufene Rückgang der Energiedichte von binären Mischungssilagen aus Gras und Ampfer wurde sicher nachgewiesen. Bei Verwendung der beschriebenen nicht repräsentativen Ausgangsmaterialien verringerte sich die Energiedichte der Ampferkomponente während der Silierung um 4,4 %. Entsprachen die Ausgangsmaterialien im Energiegehalt im Wesentlichen dem von gemeinsam aufgewachsenen Pflanzenbeständen, übte *R. obtusifolius* einen wesentlich stärkeren Einfluss aus, die Energiedichte der Ampfer-Mischungsanteile der Modellsilagen verringerte sich dabei um 15,3 %. Aufgrund der geringen Anzahl der diesem Ergebnis zugrunde liegenden Versuche wird bis zum Vorliegen weiterer Ergebnisse von einem silierungsbedingten Rückgang der Energiedichte der Ampferanteile in Höhe von 10 % ausgegangen. Die Energiedichte des Ampfer-TM-Anteils in der Silage kann dabei von der Energiedichte des Ausgangsmaterials mit folgender Formel abgeleitet werden:

$$NELr_{SL} = NELr_{AM} - \left( \frac{NELr_{AM} * 10}{100} \right) \quad (22)$$



## 5.5 Modellerstellung und ökonomische Bewertung

Der sowohl im Projektteil der Felderhebungen, als auch bei den Silierversuchen aufgezeigte geringere TS-Gehalt von Ampfer gegenüber Gras führt nach KALZENDORF (1997) zu einem verringerten TM-Aufnahmevermögen aus dem Grobfutter. Bei einer theoretisch angenommenen ausschließlichen Fütterung mit Grassilage und bei einem gegebenen Pansenvolumen ließe sich mit dem Wissen über den unterschiedlichen TS-Gehalt von Ampfer und Gras bei steigenden Anteilen von Ampfer die Menge der weniger aufgenommenen Trockenmasse und letztlich auch der Fehlmenge an NEL berechnen. In der landwirtschaftlichen Milchleistungsfütterung kommen jedoch prinzipiell Mischrationen aus Grob- und Kraftfutter mit dem Ziel der leistungsgerechten Ausfütterung zum Einsatz. Dabei werden Fehlmengen an Energie in der Rationsgestaltung durch andere Futterkomponenten ersetzt und minderwertigeres Futter aus dem Pansenvolumen verdrängt. An dieser Stelle setzten die Versuche zur ökonomischen Bewertung über die Kompensation der von einem steigenden Ampferbefall hervorgerufenen Verluste an (THAYSEN, 2006). Die pansenphysiologischen Zusammenhänge sind aber zu komplex, um sie in einem verallgemeinerten Modell beschreiben und nutzen zu können, daher ist die Beschreitung dieses Weges als problematisch anzusehen.

Im Rahmen des zu erarbeitenden ökonomischen Modells wird stattdessen von einem feststehenden Volumen an aufgenommenem Grobfutter ausgegangen. Der anzustrebende Ersatz des bisher vom Ampfer eingenommenen Anteils durch Gras führt unmittelbar zu einer höheren aufgenommenen Menge an Trockenmasse ohne dabei das Pansenvolumen zusätzlich zu belasten. Da die Graskomponente darüber hinaus über eine höhere Energiedichte als der Ampfer verfügt, steigt letztlich auch die Menge der aufgenommenen Energie. Dieser Unterschied in der aufgenommenen Energiemenge soll monetär bewertet werden. Der Anstieg des TS-Gehaltes erfährt dabei keine zusätzliche Würdigung, er ist gewissermaßen über die Differenz der aufgenommenen Energiemengen pro Volumeneinheit des Pansens bereits miterfasst.

Nach BRAUN (2000) dienen Modelle der Vereinfachung bestehender Systeme, um komplexe Zusammenhänge besser verstehen oder handhaben zu können. Darüber hinaus können sie auch zur Vorhersage zukünftiger Entwicklungen auf Basis erhobener Daten zum Einsatz kommen. Dabei wird eine Prognose mit Hilfe unterschiedlicher ma-

thematischer Zusammenhänge zwischen den Modellparametern erstellt. Prognosemodelle sollten vor ihrem Einsatz in den wesentlichen Komponenten validiert werden, dazu sind jedoch ausreichend große Datensätze erforderlich (GÖDEKE, 2011). Das Datenpaket zur Ableitung des Ampfer-Ertragsanteils vom Deckungsgrad (Formel 13) erfüllte diese Bedingungen und wurde einer Validierung unterzogen. Dazu wurden 20 % aller Datensätze unter Verwendung der Zufallsfunktion im Statistikpaket JMP ausgewählt und dem Datenpaket entnommen, für die verbliebenen Datensätze wurde eine neue Regressionsgleichung erstellt. Für die Datensätze der Zufallsstichprobe wurden die Ertragsanteile mittels der neu gewonnenen Funktion prognostiziert und anschließend deren Abhängigkeit vom Deckungsgrad regressionsanalytisch ermittelt. Bei einem Bestimmtheitsmaß der Funktion der Stichprobe von größer oder gleich dem der Gleichung für den verbliebenen Teil der Datensätze kann von der Allgemeingültigkeit der ermittelten Funktion ausgegangen werden. Im Fall der vorliegenden Daten waren diese Voraussetzungen erfüllt, die Regressionsgleichung veränderte sich dabei geringfügig, so dass nach Eliminierung der Regressionskonstanten der Ampfer-Ertragsanteil vom Deckungsgrad nach folgender Formel abgeleitet werden kann:

$$EAr = 0,69 * DGr \quad (23)$$

Der Trockenmasseertrag in  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  eines modellhaft anzunehmenden weidelgrasbetonten Wirtschaftsgrünlandes mit einem definierten Befall an *R. obtusifolius* setzt sich zusammen aus dem spezifischen TM-Ertrag von Gras bzw. Ampfer multipliziert mit dem jeweiligen prozentualen Ertragsanteil und wird nach Formel (24) berechnet. Bei repräsentativer Datenerhebung kann dabei unproblematisch von kleineren Teilflächen auf die allgemein gebräuchliche Bezugsgröße ‚Hektar‘ geschlossen werden. Die Variablen *EAr*, *EAg* und *DGr* in den Formeln (24) bis (27) sind in Prozent angegeben, vor mathematischen Umformungen der Gleichungen sind alle Prozentangaben durch die entsprechenden Werte auf der [0, 1]-Skala zu ersetzen.

$$TM = TM * EAg + TM * EAr \quad (24)$$

Wie unter Punkt 2.2 dargelegt, ist die Schätzung des Ertragsanteils ein komplexes Verfahren und dürfte ohne entsprechendes Training vom praktizierenden Landwirt kaum sinnvoll realisierbar sein. Leichter und mit hinreichender Genauigkeit lässt sich jedoch der Ampfer-Deckungsgrad bestimmen. Die Beziehung zwischen dem Deckungsgrad

von *R. obtusifolius* und dem daraus resultierenden Ertragsanteil wurde im Rahmen der vorliegenden Dissertation bestimmt und lässt sich mit der für den allgemeinen Einsatz validierten Formel (23) berechnen. Der Ertragsanteil von Gras entspricht dabei der Differenz des prozentualen Ertragsanteils von Ampfer zur Bezugsbasis 100. Die Zusammensetzung eines gegebenen Gesamtertrages lässt sich daher mit folgender modifizierten Formel beschreiben:

$$TM = TM * (100 \% - (DGr * 0,69)) + TM * DGr * 0,69 \quad (25)$$

Bei Kenntnis des Gesamt-TM-Ertrages einer Fläche und dem repräsentativ ermittelten Ampfer-Deckungsgrad lassen sich sowohl die absoluten als auch die relativen TM-Erträge der beiden Ertragskomponenten berechnen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht jedoch weniger in der expliziten Beschreibung der Ertragsbeziehungen innerhalb eines real verunkrauteten Grünlandbestandes, sondern vielmehr in der Prognose der Auswirkungen einer angenommenen Ampferbekämpfung mit anschließender Besiedlung der freigewordenen Fläche durch Gras in vergleichbarer Qualität und Ertragshöhe wie im bisherigen Bestand. Die Differenz des angenommenen zukünftigen TM-Ertrages des ampferfreien Grasbestandes zum aktuell vorliegenden TM-Ertrag des verunkrauteten Mischbestandes lässt sich nach folgender Formel berechnen. Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit wird auf die Darstellung der Ableitung der prozentualen Ertragsanteile vom Deckungsgrad des Ampfers verzichtet.

$$\Delta TM = TM * \frac{EAg}{(100 \% - DGr)} - [TM * EAg + TM * EAr] \quad (26)$$

Die vorgenannte Formel stellt eine Erweiterung der von SPEEDING (1966, zitiert bei DOYLE, 1982) beschriebenen und unter Punkt 2.6 dargestellten Beziehung der Verdaulichkeit der Komponenten von binären Grünlandaufwüchsen dar. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch in der Verwendung des Deckungsgrades für die Schätzung des Ertragsanteils und damit in der nun möglichen Quantifizierbarkeit der von SPEEDING beschriebenen Zusammenhänge, darüberhinaus verringert sich die Anzahl der analytisch zu erhebenden Parameter. Der genannte Autor beschreibt in seiner Gleichung den Rückgang der Verdaulichkeit und damit die vom Unkraut hervorgerufenen Verluste. Im Gegensatz dazu werden in der eigenen Arbeit ausgehend von einem definierbaren Ist-

Zustand mit bekanntem Ertragsniveau und Ampfer-Deckungsgrad die ökonomischen Potenziale von Maßnahmen zur Ampferbekämpfung aufgezeigt.

Die Regressionsgleichung für die Abhängigkeit des prozentualen Ampfer-TM-Ertragsanteils vom Deckungsgrad beschreibt in gleicher Weise auch den unterschiedlichen Beitrag von Ampfer und Gras zum absoluten TM-Ertrag des Mischbestandes. Während ein Prozent Deckungsgrad von Gras zu genau einer Einheit des absoluten TM-Ertrages führt, trägt die gleiche Grundfläche nur mit 0,69 Einheiten zum Gesamtertrag bei, wenn sie mit Ampfer statt mit Gras bedeckt ist. Daraus ergibt sich bei steigendem Ampferbefall ein sinkendes TM-Ertragsniveau der Grünlandfläche. Im Fall des modellhaften Ersatzes der mit Ampfer bewachsenen Fläche durch Gras resultiert daraus ein gegenüber dem Ist-Zustand steigender Trockenmasseertrag. Dieser begründet sich in wesentlichen Teilen auf dem höheren TS-Gehalt der Biomasse von Gras gegenüber Ampfer (Tab. 4-2).

Neben dem Anstieg des TM-Ertrages kommt es aufgrund der unterschiedlichen Energiedichte von Gras gegenüber Ampfer zu einem zusätzlichen Anstieg des Energieertrages der Fläche. Der potenzielle Anstieg des Energieertrages vom Ist-Zustand zum Zeitpunkt der Datenerhebung zum erreichbaren Zustand nach der Ausschaltung der Ampferkonkurrenz und der Besiedlung der Bestandslücken mit Gras kann nach der folgenden Gleichung berechnet werden. Dazu wird die o.g. Formel (26) zur Darstellung des potenziellen Anstiegs des TM-Ertrages um die Komponente der Netto-Energiedichte von Gras bzw. Ampfer erweitert. Die Energiedichte von Ampfer errechnet sich dabei nach Formel (19) bei Grüngutfütterung im Stall bzw. zusätzlich nach der Formel (22) bei Silagefütterung.

(27)

$$\Delta NEL = TM * \frac{EAg}{(100 \% - DGr)} * NELg - [ TM * EAg * NELg + TM * EAr * NELr ]$$

- $\Delta NEL$  [MJ \*ha<sup>-1</sup>] = potenzielle Änderung der Energiedichte
- $TM$  [kg TM \*ha<sup>-1</sup>] = Jahresgesamt-TM-Ertrag, Ausgangszustand
- $EAg$  [%] = Gras-TM-Ertragsanteil, ( $EAg = 100 \% - EAr$ )
- $EAr$  [%] = Ampfer-TM-Ertragsanteil, ( $EAr = DGr * 0,69$ )
- $DGr$  [%] = Ampfer-Deckungsgrad
- $NELg$  [MJ \*kg TM<sup>-1</sup>] = Energiedichte von Gras
- $NELr$  [MJ \*kg TM<sup>-1</sup>] = Energiedichte von Ampfer, ( $NELr = NELg - 24,5\% \dots 34,5\%$ )

Als zu erfassende Ausgangsgrößen fließt neben dem Gesamt-TM-Ertrag der jeweiligen Fläche und dem repräsentativ ermitteltem Ampfer-Deckungsgrad nun auch die analytisch zu ermittelnde Größe der Netto-Energie-Laktation der Graskomponente in die Berechnungsformel ein.

Der TM-Ertrag des Ausgangsbestandes kann sich auf einzelne Aufwüchse beziehen, sollte jedoch sinnvollerweise als Jahresgesamt-TM-Ertrag eingegeben werden, da sich die ökonomischen Vorteile von Bestandsverbesserungsmaßnahmen ebenfalls auf das ganze Jahr oder auch darüberhinaus verteilen (DOYLE, 1982). Die für die Berechnung notwendigen Werte der prozentualen Ertragsanteile von Gras bzw. Ampfer werden über die in dieser Dissertation erarbeitete Schätzgleichung vom Ampfer-Deckungsgrad abgeleitet (Formel 23). Die Ermittlung der Energiedichte der Graskomponente stellt einen gewissen zusätzlichen Aufwand dar, da jedoch die Qualität des Grasaufwuchses von entscheidender Bedeutung für gute Grassilagen ist, sollte die Erfassung dieses Parameters zur Standardmaßnahme in landwirtschaftlichen Betrieben gehören. Von der Energiedichte des Grases kann mit hinreichender Genauigkeit auf die Energiedichte von Ampfer geschlossen werden. In der Trockenmasse des frisch geernteten Pflanzenbestandes hat Ampfer einen um 24,5 % niedrigeren NEL-Gehalt als Gras (Formel 19). Während der Lagerungsdauer der Silage verringert sich die Energiedichte der Ampferkomponente um weitere 10 % (Formel 22), so dass bei der Silagebereitung in Summe von einer Energiedichte des Ampfers ausgegangen werden kann, die um 34,5 % unter der des Grases liegt.

Wie aufgezeigt wurde, führt die Eliminierung von *R. obtusifolius* im weidelgrasbetonten Wirtschaftsgrünland und die Nutzung der bisher beanspruchten Fläche durch Gras sowohl zu höheren NEL-Flächenerträgen, als auch zur Vermeidung von Verlusten im Zuge der Silagebereitung. Mit der o.g. Gleichung lässt sich der Umfang der potenziell zusätzlich verwertbaren Menge an NEL berechnen. Für die Verwertung dieser Energiemenge wird dabei im Rahmen des ökonomischen Modells von den folgenden Annahmen ausgegangen:

1. Der Energieflächenertrag wird nur auf das Niveau angehoben, wie es einer vergleichbaren aber ampferfreien Fläche entspricht, insofern entstehen mit Ausnahme der Maßnahmen zur Bestandsverbesserung keine zusätzlichen Kosten.

2. Der Aufwuchs der verunkrauteten Ausgangsfläche wurde bisher vollständig im Rahmen der Milchproduktion zur Grünfütterung im Stall oder als Silage genutzt.
3. Bei unveränderter Gesamtration ist der Erhaltungsbedarf der Milchkühe komplett gedeckt, so dass die zusätzliche Menge an Energie bei gleichbleibendem Pansenfüllungsgrad zu einer Steigerung der gemolkenen Milchmenge führt.

Unter der Voraussetzung des abgedeckten Erhaltungsbedarfs ist der Energiebedarf für die Milchbildung vom Energiegehalt der Milch abhängig. Ein Liter Standardmilch mit einem Fettgehalt von 4 % und Eiweißgehalt von 3,4 % enthält 3,17 MJ NEL (ANONYM, 2001). Bei einem verbesserten Ernährungsniveau der Milchkuh steigt einerseits die Milchmenge, andererseits sinkt jedoch die Verdaulichkeit der zusätzlich zugeführten Energie. Zur Kompensation wird daher vom Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie ein Zuschlag von 0,1 MJ NEL\*L ECM<sup>-1</sup> vorgeschlagen, so dass der Energiebedarf zur Bildung eines zusätzlichen Liters Standardmilch bei 3,3 MJ NEL liegt (ANONYM, 2001). Bei vollständiger Nutzung des Milchbildungspotenzials der zusätzlich bereitgestellten und mit Formel (27) berechneten Energiemenge, lässt sich der monetäre Wert des Schadauftritts *R. obtusifolius* im Wirtschaftsgrünland in Abhängigkeit vom jeweils realisierten Erlös des Milchverkaufs wie folgt berechnen:

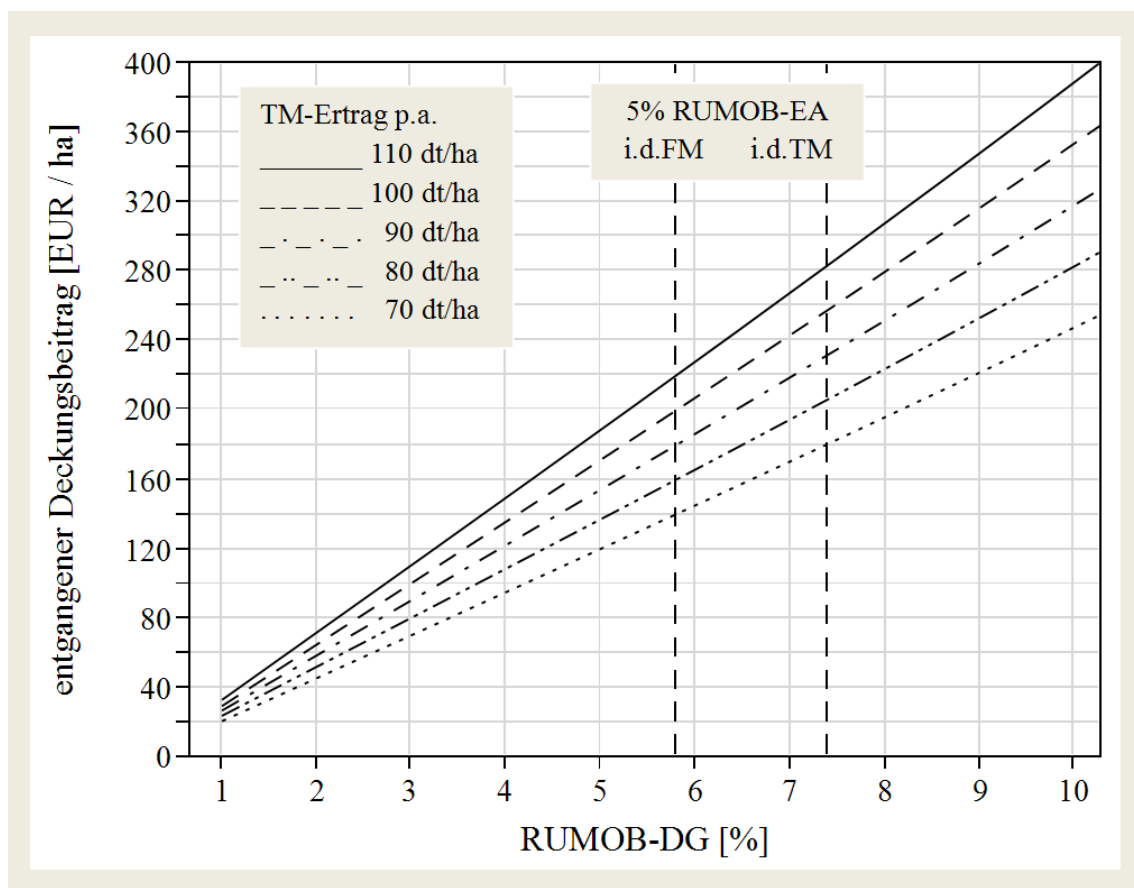
(28)

$$\Delta \text{ Deckungsbeitrag [EUR*ha}^{-1}] = \frac{\Delta \text{ MJ NEL/ha}}{3,3 \text{ MJ NEL/L ECM}} * \text{Milchpreis [EUR*L ECM}^{-1}]$$

Die Höhe der Änderung des monetären Flächenertrages kann betriebswirtschaftlich als entgangener Deckungsbeitrag angesehen werden und ist gegen die Kosten der Ampferbekämpfung und Narbenverbesserung aufzurechnen.

Die Wirtschaftlichkeit der Ampferbekämpfung im Grünland wird im Wesentlichen von den direkten Kosten der Maßnahme beeinflusst, die in Abhängigkeit vom Bewirtschaftungsverfahren stark unterschiedlich ausgeprägt sein können. Insofern kann eine feststehende wirtschaftliche Schadensschwelle nicht explizit abgeleitet werden, diese ist vielmehr als ein Bereich zu definieren, dessen Grenzen einerseits durch die Ertragserwartung und die Energiedichte des Grasaufwuchses und andererseits durch die Erlössituation am Milchmarkt maßgeblich beeinflusst wird.

Zur Illustration der Ergebnisse des in der vorliegenden Arbeit aufgestellten vereinfachten Modells zur ökonomischen Bewertung von *R. obtusifolius* im weidelgrasbetonten Wirtschaftsgrünland (Formel 27 und 28) wird in Abbildung 5-11 das Wirken eines steigenden Ampferbefalls bei unterschiedlichem Ertragsniveau und unterstellter Silagefütterung exemplarisch dargestellt. Die Höhe des entgangenen Deckungsbeitrages bezieht sich dabei auf den in den Felderhebungen der Jahre 2008 und 2009 gefundenen mittleren Energieertrag der Graskomponente in Höhe von  $6,66 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$  (Tab. 4-15) und einem für den Zeitraum von Januar 2009 bis Juni 2012 gemittelten Milchauszahlungspreis in Höhe von  $0,30 \text{ EUR} \cdot \text{L ECM}^{-1}$ . Die Jahresgesamt-TM-Erträge von 70 bis  $110 \text{ dt TM} \cdot \text{ha}^{-1}$  repräsentieren das in den Felderhebungen nachgewiesene Ertragsniveau der ausgewählten Standorte (Tab. 3-4). Die Darstellung beschränkt sich auf den für die Entscheidungsfindung relevanten Bereich der Ampfer-Deckungsgrade von bis zu 10 %.



**Abb. 5-11:** Entgangener Deckungsbeitrag [ $\text{EUR} \cdot \text{ha}^{-1}$ ] aus dem Milchverkauf in Abhängigkeit vom Ampfer-DG bei unterschiedlichen Jahres-TM-Erträgen, Silagefütterung, Gras-Energiedichte im Feldbestand von  $6,66 \text{ MJ NEL} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ , Milchpreis  $0,30 \text{ EUR} \cdot \text{L ECM}^{-1}$

In der Abbildung 5-11 sind zur Orientierung auch die derzeit von den Landwirtschaftsberatungen der deutschen Bundesländer publizierten Bekämpfungsrichtwerte für großblättrige Ampfer-Arten abgetragen, sofern sie sich auf die prozentualen Ertragsanteile in der Frisch- bzw. Trockenmasse des Aufwuchses beziehen (Tab. 2-1). Der Bekämpfungsrichtwert in Höhe von 5 % der Trockenmasse entspricht dabei auf Basis der abgeleiteten Regressionsgleichung (Formel 14) einem Ampfer-Deckungsgrad von 7,4 %. Unter Zugrundelegung des genannten Milchpreises und der Energiedichte von Gras weist das Modell dabei für die aufgeführten Gesamt-TM-Erträge einen potenziell entgangenen Deckungsbeitrag in Höhe von 179 bis 282 EUR\*ha<sup>-1</sup> aus.

Werden bei der nachhaltigen Bekämpfung von *R. obtusifolius* selektiv wirkende Herbizide zur Flächenbehandlung eingesetzt, belaufen sich die Kosten in Abhängigkeit vom gewählten Produkt und einschließlich der Aufwendungen für die Ausbringung auf einen Betrag in Höhe von 68 bis 105 EUR\*ha<sup>-1</sup> (ANONYM, 2011C). Darüberhinaus sind in Abhängigkeit vom Grad der Verunkrautung noch Kosten für eine Grünlandnachsaat zu berücksichtigen. Bei einem hohen zu erwartenden Lückenanteil und geringer Vitalität der Grasnarbe kann für den Einsatz einer speziellen Schlitzdrillmaschine inklusive Saatgut mit einem Betrag in Höhe von 136 EUR \*ha<sup>-1</sup> gerechnet werden (ANONYM, 2011D). Insbesondere beim Einsatz der höherpreisigen Herbizide erstreckt sich die nachhaltige Wirkung jedoch mindestens auch auf das der Applikation folgende Kalenderjahr (ROTH & KOLLAS, 2009). Die Kosten der Nachsaat basieren auf einem aufwändigen Verfahren, dessen Wirkungen ebenfalls langfristig nutzbar sind. Diesem Ansatz folgend kann die Summe der Aufwendungen regelmäßig auf zwei Wachstumsperioden verteilt werden, so dass pro Jahr von einem Kostenansatz zwischen 102 und 120 EUR\*ha<sup>-1</sup> ausgegangen werden kann.

Unter Berücksichtigung der dem Berechnungsbeispiel zugrunde liegenden Rahmenbedingungen ist daher zu vermuten, dass die wirtschaftliche Schadensschwelle sicher unter einem Ampfer-Deckungsgrad von 5 % zu finden ist, bisher verwendete Bekämpfungsrichtwerte auf Basis der Ampfer-Ertragsanteile sind damit zu hoch angesetzt.



## 6 Schlussfolgerungen und Thesen

1. Die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit sind auf weidelgrasbetontes Wirtschaftsgrünland bzw. Weidelgras-Dominanzbestände (*Lolium perenne*) mit einem Deckungsgrad an *Rumex obtusifolius* von bis zu 50 % übertragbar.
2. Die Schadwirkung von *R. obtusifolius* ist über die Schätzung des Deckungsgrades besser als über die Ermittlung der Abundanz quantifizierbar. Es besteht ein enger und zuverlässig ableitbarer Zusammenhang des Ampfer-Trockenmasse-Ertragsanteils vom Ampfer-Deckungsgrad.
3. Der spezifische Trockenmasseertrag von *R. obtusifolius* ist geringer als der von *L. perenne*. Dennoch wird bei steigenden Deckungsgraden der Gesamt-TM-Ertrag des Pflanzenbestandes nicht negativ beeinflusst. Daraus folgt ein potenziell erhöhter TM-Ertrag von Gras nach Ampferbekämpfung und Nachsaat zum Lückenschluss.
4. In der Trockenmasse des Aufwuchses hat *R. obtusifolius* eine um 24,5 % geringere Energiedichte (NEL) als *L. perenne*, hauptsächlich hervorgerufen durch die geringere Verdaulichkeit des höheren Anteils an Zellwandbestandteilen und dem niedrigeren Rohfettgehalt. Der hohe Rohproteingehalt von Ampfer ist bezüglich der N-Verwertungseffizienz kritisch zu beurteilen.
5. Mit Ausnahme des hohen K / Na-Verhältnisses dürften die Mineralstoff- und Spurenelement-Gehalte des Ampfers die Tiergesundheit nicht negativ beeinflussen. Dies gilt insbesondere bei den in der landwirtschaftlichen Praxis doch eher niedrigen Mischungsanteilen von *R. obtusifolius* in Grassilagen bzw. Futterrationen.
6. Standortlich verschiedene Herkünfte von *L. perenne* und *R. obtusifolius* können andere Muster der Rohnährstoffgehalte, der in-vitro-Verdaulichkeit und der Energiedichte (NEL) aufweisen als gemeinsam an einem Standort aufgewachsene Pflanzen. Mischungsversuche sollten daher mit standortidentischem Pflanzenmaterial durchgeführt werden.
7. In Grassilagen vermindert *R. obtusifolius* die Bildung von Milch- und Essigsäure. Der niedrige Essigsäuregehalt trägt zu einer verringerten aeroben Lagerstabilität der Silage bei. Neben den in Grassilagen unvermeidbaren Gärverlusten führt *R. obtusi-*

*folius* zu einem zusätzlichen Rückgang der Energiedichte (NEL) von rund 10 %, bezogen auf den jeweiligen TM-Mischungsanteil.

8. Die durch eine Ampferbekämpfung und Nachsaat potenziell zusätzlich zur Verfügung stehende Menge an Netto-Energie-Laktation lässt sich mit dem vorgestellten Modell über die Erfassung der Parameter Gesamt-TM-Ertrag des Bestandes, Energiedichte des Grases und Ampfer-Deckungsgrad im Ausgangsbestand zuverlässig prognostizieren.
9. Bei unterlassener Ampferbekämpfung führt die somit nicht realisierte Menge an Netto-Energie-Laktation zu einem potenziell entgangenen monetären Deckungsbeitrag pro Flächeneinheit. Darüber lässt sich für unterschiedliche Kosten-, Ertrags- und Erlössituationen eine wirtschaftliche Schadensschwelle bestimmen.
10. Bei flächendeckendem Einsatz von selektiv wirkenden Herbiziden im Wirtschaftsgrünland zur Schnittnutzung sollte der Bekämpfungsrichtwert für *Rumex obtusifolius* in einem Bereich zwischen 3 % und maximal 5 % des Deckungsgrades liegen.

## Verwendete Abkürzungen

ADF <sub>org</sub>	Acid Detergent Fiber (engl.)
ADL	Acid detergent lignin (engl.)
AM	Ausgangsmaterial
ANOVA	Analysis of variance (engl.)
AW	Aufwuchs
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BRW	Bekämpfungsrichtwert
BS	Buttersäure
BY	Bayern
DCAB	Dietary Cation Anion Balance (engl.), Futter-Kationen-Anionen-Diff.
DG	Deckungsgrad [%]
DLG	Deutsche Landwirtschaftliche Gesellschaft
EA	Ertragsanteil [%]
ECM	Energie Corrected Milk(engl.) Energie-korrigierte-Standardmilch
ELOS	Enzymlösliche organische Substanz
EPPO	European and Mediterranean Plant Protection Organization
ES	Essigsäure
FM	Frischmasse
g	Gras
GE	Gross Energy (engl.), Bruttoenergie
Ges	Gesamt
gew.	angewelkt
HSD	Honestly Significant Difference (engl.), Grenzdifferenz Tukey-Test
JMT	Jahresmitteltemperatur
KI	Konfidenzintervall
KQMW	Kleinste-Quadrate-Mittelwert, Least square mean (engl.)
log	logarithmisch
LSV	Landessortenversuch
m.ü.NN	Meter über Normal Null
MB BD III	Methodenbuch, Band III (VDLUFA)
ME	Metabolic Energy (engl.), umsetzbare Energie
MS	Milchsäure
MW	Mittelwert
n	Anzahl Proben
N	Stickstoff
n.b.	nicht bestimmt oder berechnet
NDF <sub>org</sub>	Neutral Detergent Fiber (engl.)

NEL	Netto-Energie-Laktation
NfE	N-freie Extraktstoffe
NV	Normalverteilung
nXP	nutzbares Rohprotein
p	probability of error (engl.)
<i>r</i>	<i>R. obtusifolius</i>
RNB	Ruminale-Stickstoff-Bilanz
SL	Silage
SN	Sachsen
TH	Thüringen
TLL	Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
TS <sub>k</sub>	korrigierter TS-Gehalt
TS <sub>n</sub>	nicht korrigierter TS-Gehalt
VDLUFA	Verband landwirtschaftlicher Untersuchungs- u. Forschungsanstalten
VKA	Varianzkomponentenanteil
V-Stufe	Versorgungsstufe
XA	Rohasche
XF	Rohfaser
XL	Rohfett
XP	Rohprotein

### EPPO-Codes

ALCVU	<i>Alchemilla xanthochlora</i> , Gemeiner Frauenmantel
ANRSY	<i>Anthriscus sylvestris</i> , Wiesenkerbel
LOLPE	<i>Lolium perenne</i> , Deutsches Weidelgras
NNFW	Plants in grassland, Gräser
PLAMA	<i>Plantago major</i> , Breitwegerich
RANRE	<i>Ranunculus repens</i> , Kriechender Hahnenfuss
RUMOB	<i>Rumex obtusifolius</i> , Stumpfblättriger Ampfer
STEME	<i>Stellaria media</i> , Vogelmiere
TAROF	<i>Taraxacum officinale</i> , Wiesenlöwenzahn
TRFRE	<i>Trifolium repens</i> , Weißklee
TTTDD	Plants, dicot weed, zweikeimblättrige Unkräuter

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 2-1:</b> Bekämpfungsrichtwerte für großblättrige Ampferarten in Wiesen und Weiden, Deutschland, Bundeslandspezifisch .....	14
<b>Tab. 3-1:</b> Standorte und Bewirtschaftungsparameter der Felderhebungsflächen, 2008 und 2009 .....	35
<b>Tab. 3-2:</b> Beprobungstermine und Entwicklungsstadien von Gras und Ampfer auf den Felderhebungsflächen, 2008 und 2009 .....	38
<b>Tab. 3-3:</b> Vorkommen weiterer zweikeimblättrigen Pflanzenarten (ohne Ampfer) auf den Erhebungsflächen; mittlere Deckungsgrade [%], 2008 und 2009 .....	40
<b>Tab. 3-4:</b> Beprobungstermine, Ertragsniveau und Ampfer-DG der Erhebungsflächen, 2008 und 2009 .....	43
<b>Tab. 3-5:</b> Herkünfte der Weidelgras- und Ampferproben zur Herstellung der Modellsilagen .....	45
<b>Tab. 3-6:</b> Prüfverfahren zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung der Ampfer- bzw. Grasproben aus Felderhebungen und den Modellsilivversuchen.....	50
<b>Tab. 4-1:</b> Vergleich des geschätzten und gemessenen Ampfer-DG aus Felderhebungen nach Gruppenbildung; Mittelwertvergleiche, 95% KI, absolute Differenz der Schätzung .....	56
<b>Tab. 4-2:</b> TS-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-transformierten Daten; Standort, Jahr und Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche .....	66
<b>Tab. 4-3:</b> Abhängigkeit des TM-Ertrages (y) von Ampfer, Gras und des Gesamtbestandes vom Ampfer-DG (x); Regressionsgleichungen, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße; Ergebnisse aus Felderhebungen, Clausnitz 2008 und 2009, n = 30.....	68
<b>Tab. 4-4:</b> Abhängigkeit des TM-Ertrages (y) von Ampfer, Gras und des Gesamtbestandes vom Ampfer-DG (x); Regressionsgleichungen, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße; Ergebnisse aus Felderhebungen, Gahma 2008 und 2009, n = 30.....	71
<b>Tab. 4-5:</b> Abhängigkeit des TM-Ertrages (y) von Ampfer, Gras und des Gesamtbestandes vom Ampfer-DG (x); Regressionsgleichungen, Signifikanzen und Bestimmtheitsmaße; Ergebnisse aus Felderhebungen, Marbach 2008 und 2009, n = 30.....	74
<b>Tab. 4-6:</b> Rohaschegehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-transformierten Daten; Standort, Jahr und Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche .....	76

<b>Tab. 4-7:</b> Rohproteingehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	78
<b>Tab. 4-8:</b> Rohfettgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	80
<b>Tab. 4-9:</b> Rohfasergehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	82
<b>Tab. 4-10:</b> ADF <sub>org</sub> -Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	84
<b>Tab. 4-11:</b> NDF <sub>org</sub> -Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	86
<b>Tab. 4-12:</b> Ligningehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	87
<b>Tab. 4-13:</b> NfE-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	89
<b>Tab. 4-14:</b> In-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	91
<b>Tab. 4-15:</b> Energiedichte von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; parameterfreie, einfaktorielle Analysen: Wilcoxon-Test für Faktor-Stufen-Kombinationen; Kruskal-Wallis-Test für Standort, Jahr, Aufwuchs und Probenart.....	93
<b>Tab. 4-16:</b> Kalzium- und Phosphorgehalt von Gras und Ampfer [g*kg TM <sup>-1</sup> ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-MW-Vergleiche .....	95
<b>Tab. 4-17:</b> Magnesium- und Kaliumgehalt von Gras und Ampfer [g*kg TM <sup>-1</sup> ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-MW-Vergleiche .....	96
<b>Tab. 4-18:</b> Natrium- und Chlorgehalt von Gras und Ampfer [g*kg TM <sup>-1</sup> ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation (Na); Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-MW-Vergleiche .....	97
<b>Tab. 4-19:</b> Schwefelgehalt [g*kg TM <sup>-1</sup> ] und Futter-Kationen-Anionen-Differenz [mEq*kg TM <sup>-1</sup> ] von Gras und Ampfer aus Felderhebungen; mehrfaktorielle	

Varianzanalyse; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-MW-Vergleiche.....	98
<b>Tab. 4-20:</b> Kupfer- und Eisengehalt von Gras und Ampfer [ $\text{mg} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-MW-Vergleiche .....	99
<b>Tab. 4-21:</b> Mangan- und Zinkgehalt von Gras und Ampfer [ $\text{mg} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] aus Felderhebungen; mehrfaktorielle Varianzanalyse mit log-Transformation; Standort, Jahr, Aufwuchs als zufällige Effekte; Tukey's HSD-MW-Vergleiche .....	100
<b>Tab. 4-22:</b> TM-Anteil von Ampfer am TM-Gehalt im Ausgangsmaterial der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil; $n = 3$ .....	102
<b>Tab. 4-23:</b> Mittlere Einlagerungsmengen je Laborsiliergefäß in Abhängigkeit von Silagevariante, Standort und Versuchsjahr; $n = 3$ .....	103
<b>Tab. 4-24:</b> Zuckergehalt von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; $n = 3$ .....	106
<b>Tab. 4-25:</b> Gehalt an Milchsäure der reinen Gras- und Ampfersilage sowie der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; $n = 3$ .....	109
<b>Tab. 4-26:</b> Gehalt an Essigsäure der reinen Gras- und Ampfersilage sowie der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; $n = 3$ .....	110
<b>Tab. 4-27:</b> Gehalt an Buttersäure der reinen Gras- und Ampfersilage sowie der Modellsilagen mit 5 %, 10 %, 20 % bzw. 40 % Ampfer-FM-Anteil.....	111
<b>Tab. 4-28:</b> pH-Wert und Ethanolgehalt [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] der reinen Gras- bzw. Ampfersilagen der Modellsiliversuche; mehrfaktorielle Varianzanalyse, Standort und Jahr als zufälliger Effekt; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche.....	113
<b>Tab. 4-29:</b> Ammoniak- und Ammoniak-N-Gehalt (KQMW) der reinen Gras- bzw. Ampfersilagen der Modellsiliversuche; mehrfaktorielle Varianzanalyse, Standort und Jahr als zufälliger Effekt; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche.....	114
<b>Tab. 4-30:</b> Rohaschegehalt von Gras u. Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial u. den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	115
<b>Tab. 4-31:</b> Rohproteingehalt v. Gras u. Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial u. den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ) .....	116
<b>Tab. 4-32:</b> Rohfettgehalt von Gras und Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	117

<b>Tab. 4-33:</b> Rohfasergehalt von Gras und Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	118
<b>Tab. 4-34:</b> ADF <sub>org</sub> -Gehalt von Gras und Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	119
<b>Tab. 4-35:</b> NDF <sub>org</sub> -Gehalt von Gras und Ampfer [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	120
<b>Tab. 4-36:</b> Ligningehalt von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit log-transformierten Daten; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	121
<b>Tab. 4-37:</b> NfE-Gehalt von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	122
<b>Tab. 4-38:</b> In-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer im AM und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit probit-transformierten Daten; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	124
<b>Tab. 4-39:</b> Energiedichte-NEL von Gras und Ampfer im AM und den Modellsilagen; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche mit probit-transformierten Daten; $n = 3$ (AM 2007, $n = 1$ ).....	126
<b>Tab. 4-40:</b> Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen im AM und der Silage der reinen Gras- und Ampferproben der Modellsilierungsversuche; mehrfaktorielle Varianzanalyse; Standort und Jahr als zufällige Effekte; Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche; AM $n = 18$ , SL $n = 24$ .....	127
<b>Tab. 5-1:</b> Zusammenhang zwischen Ampfer-TM-Ertragsanteil [%], Anzahl Pflanzen $\cdot \text{m}^{-2}$ und Deckungsgrad [%], Pearson-Korrelationskoeffizienten , $n=719$ ....	134
<b>Tab. 5-2:</b> Ampfer-Abundanz und mittlerer Ampfer-Deckungsgrad nach Standorten, Felderhebungen der Jahre 2008 und 2009.....	137
<b>Tab. 5-3:</b> Zusammenhang zwischen Ampfer-DG [%] und den TM-Erträgen von Gras, Ampfer und des Gesamtbestandes [ $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ ], Pearson-Korrelationskoeffizienten , $n=719$ .....	141
<b>Tab. 5-4:</b> Trockensubstanz- und Rohnährstoffgehalt, Verdaulichkeit und Energiedichte von Ampfer bzw. Gras aus Felderhebungen, Zusammenfassung der Tab. 4-2 und 4-6...15.....	143
<b>Tab. 5-5:</b> Mineralstoff- und Spurenelementgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen im Vergleich zu Ergebnissen anderer Autoren und Bedarfsmengen, Zusammenfassung der Tab. 4-16...21.....	151



<b>Tab. 5-6:</b> Rohrnährstoffgehalt, Verdaulichkeit und Energiedichte von Ampfer bzw. Gras aus Felderhebungen (1. AW) im Vergleich zum Ausgangsmaterial der Silierversuche, Tukey's HSD-Mittelwertvergleiche .....	154
<b>Tab. 5-7:</b> Gärsäurespektrum [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] der Modellsilagen aus eigenen Untersuchungen (Zusammenfassung der Tab. 4-25...29) im Vergleich zu Ergebnissen anderer Autoren sowie Benotung der Gärqualität nach verschiedenen Bewertungsschlüsseln .....	160
<b>Tab. 5-8:</b> Rohnnährstoffe, Verdaulichkeit und Energiedichte der Mischungsstufen der Modellsilagen und deren Ausgangsstoffen (Zusammenfassung der Tab. 4-30...39) im Vergleich zu Orientierungswerten für gute Grassilagen .....	163

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 3-1:</b> Bildbearbeitungsschritte zur fototechnischen Bestimmung des Ampfer-Deckungsgrades.....	41
<b>Abb. 3-2:</b> Stopfvorrichtung (vom ATB) zur Verdichtung des Probenmaterials bei Laborsilivversuchen .....	47
<b>Abb. 4-1:</b> (a) Zusammenhang zwischen geschätztem und gemessenem Ampfer-Deckungsgrad mit 95 % Dichteellipse; (b) prozentuale Abweichung des geschätzten vom gemessenen Ampfer-Deckungsgrad; Einzelwerte aus Felderhebungen, n=719 .....	55
<b>Abb. 4-2:</b> Abhängigkeit der Ampfer-TM-Ertragsanteile vom Deckungsgrad; Regressionsgerade u. 95 % KI- bzw. Vorhersageintervall; Einzelwerte aus Felderhebungen, n = 706 .....	57
<b>Abb. 4-3:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x); Clausnitz 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % Konfidenzintervalle.....	58
<b>Abb. 4-4:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x); Gahma 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % Konfidenzintervalle.....	59
<b>Abb. 4-5:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x); Marbach 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % Konfidenzintervalle.....	60
<b>Abb. 4-6:</b> Abhängigkeit der Ampfer-TM-Ertragsanteile von der Anzahl Pflanzen*m <sup>-2</sup> aus Felderhebungen; Wilcoxon-Test, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der Mittelwerte ( $\alpha = 0,05$ ).....	61
<b>Abb. 4-7:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen*m <sup>-2</sup> (x); Clausnitz 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % KI.....	62
<b>Abb. 4-8:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen*m <sup>-2</sup> (x); Gahma 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % KI.....	63
<b>Abb. 4-9:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen*m <sup>-2</sup> (x); Marbach 2008 und 2009; Regressionsgleichungen, Bestimmtheitsmaße und Darstellung der 95 % KI.....	64
<b>Abb. 4-10:</b> Trockensubstanzgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Jahr und Aufwuchs; n = 6.....	65
<b>Abb. 4-11:</b> TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Clausnitz, 2008; n = 30 .....	67

<b>Abb. 4-12:</b> TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer-DG am Standort Clausnitz, 2009; n = 30 .....	69
<b>Abb. 4-13:</b> TM-Ertrag v. Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit v. Ampfer–DG am Standort Gahma, 2008; n = 30 (4. AW n= 29) .....	70
<b>Abb. 4-14:</b> TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer–DG am Standort Gahma, 2009, n = 30 .....	72
<b>Abb. 4-15:</b> TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer–DG am Standort Marbach, 2008, n = 30 .....	73
<b>Abb. 4-16:</b> TM-Ertrag von Ampfer und TM-Gesamtertrag der Erhebungsflächen in Abhängigkeit vom Ampfer–DG am Standort Marbach, 2009; n = 30 .....	75
<b>Abb. 4-17:</b> Rohproteingehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	77
<b>Abb. 4-18:</b> Rohfettgehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	79
<b>Abb. 4-19:</b> Rohfasergehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	81
<b>Abb. 4-20:</b> ADF <sub>org</sub> -Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	83
<b>Abb. 4-21:</b> NDF <sub>org</sub> -Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	85
<b>Abb. 4-22:</b> NfE-Gehalt von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	88
<b>Abb. 4-23:</b> In-vitro-Verdaulichkeit von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	90
<b>Abb. 4-24:</b> Energiedichte von Gras und Ampfer aus Felderhebungen in Abhängigkeit von Standort, Erhebungsjahr und Nummer des Aufwuchses; n = 3 .....	92
<b>Abb. 4-25:</b> TS-Gehalt der reinen Weidelgras- und Ampferproben im Ausgangsmaterial, im Welkgut und in der Silage .....	101
<b>Abb. 4-26:</b> Lagerungsdichte der Gras- und Ampfersilagen sowie der Mischungsvarianten in Abhängigkeit von der Trockenmasse und Richtwert zur Beurteilung der aeroben Lagerstabilität .....	104
<b>Abb. 4-27:</b> Gärverlust der reinen Weidelgras- bzw. Ampferproben und der Mischproben mit 5 %, 10 %, 20 % und 40 % Ampfer-FM-Anteil; n = 3 .....	105
<b>Abb. 4-28:</b> Zucker- und Stärkegehalt von Weidelgras und Ampfer im Ausgangsmaterial und den Silagen, Modellsiliversuche 2008, n = 3 .....	108

<b>Abb. 4-29:</b> pH-Wert in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Modellsilagen aus Weidelgras und Ampfer, Angabe des kritischen Säuerungsbereiches zur Erreichung der Lagerstabilität, n = 144 .....	112
<b>Abb. 4-30:</b> Energiedichte-NEL von Gras und Ampfer im Ausgangsmaterial der Silierversuche; einfaktorielle Varianzanalyse mit probit-transformierten Daten; n = 3 (2007, n = 1) .....	124
<b>Abb. 5-1:</b> ① = projektive Deckung einer Ampfer-pflanze), ③ = wahre Deckung, ② = unbewachsener Bereich, Erhebungsquadrat Nr. 575, 1 m <sup>2</sup> .....	131
<b>Abb. 5-2:</b> Bewurzelung von <i>R. obtusifolius</i> im oberflächennahen Bereich (nach: KUTSCHERA & LICHTENEGGER, 1992) .....	131
<b>Abb. 5-3:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) vom Ampfer-DG (x) pro Aufwuchs, Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße .....	133
<b>Abb. 5-4:</b> Abhängigkeit der Ampfer-EA (y) von der Anzahl Ampferpflanzen*m <sup>-2</sup> (x), Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße .....	136
<b>Abb. 5-5:</b> Abhängigkeit des Ampfer (a) - bzw. Gras (b)-TM-Ertrages [g*m <sup>-2</sup> ] vom Ampfer-Deckungsgrad [%], Einzelwerte aus Felderhebungen, Regressionsgerade, n = 719 .....	138
<b>Abb. 5-6:</b> Abhängigkeit der Ampfer-TM-Erträge (y) [g*m <sup>-2</sup> ] vom Ampfer-DG (x) [%], Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße .....	139
<b>Abb. 5-7:</b> Abhängigkeit der Gesamt-TM-Erträge (y) [g*m <sup>-2</sup> ] vom Ampfer-DG (x) [%], Regressionsgleichung, 95% Konfidenzintervall und Bestimmtheitsmaße .....	140
<b>Abb. 5-8:</b> (a) Relation der Energiedichten [MJ NEL*kg TM <sup>-1</sup> ] von Gras (x) und Ampfer (+), n=3; (b) Differenz der prognostizierten von den beobachteten Ampfer-Energiedichten (○ = NEL NNNFW – 1,63 MJ; ● = NEL NNNFW – 24,5 %) Daten aus Felderhebungen, n = 72 .....	146
<b>Abb. 5-9:</b> Stärke der Beziehung zwischen Energiedichte von Ampfer bzw. Gras und der in-vitro-Verdaulichkeit sowie weiteren Inhaltsstoffen, Korrelationskoeffizienten und 95 % Dichteellipse .....	148
<b>Abb. 5-10:</b> Abhängigkeit des NEL-Verlusts der Modellsilagen --o-- vom Ampfer-TM-Anteil, gegenüber den Energiedichten d. Ausgangsmaterialien --*--, Gleichungen der Regressionsgeraden, (a) Ergebnisse aller Silierversuche, (b) Ergebnisse d. Versuche SN-2007 und SN-2008 .....	167
<b>Abb. 5-11:</b> Entgangener Deckungsbeitrag [EUR*ha <sup>-1</sup> ] aus dem Milchverkauf in Abhängigkeit vom Ampfer-DG bei unterschiedlichen Jahres-TM-Erträgen, Silagefütterung, Gras-Energiedichte im Feldbestand von 6,66 MJ NEL*kg TM <sup>-1</sup> , Milchpreis 0,30 EUR*L ECM <sup>-1</sup> .....	175

## Literaturverzeichnis

- AHRENS, R. (1958): Zur Frage der Anwendung der Ertragsanteilschätzung bei Weidebestandsuntersuchungen, Zeitschrift f. Acker- u. Pflanzenbau, 105, S. 44-49
- ALTENBURG, H.P. (2000): Die SAS-Prozedur MIXED, SAS-Benutzertreff Heidelberg, 3.11.2000, [www.urz.uni-heidelberg.de/imperia/md/.../sas...mixed\\_urz1100.pdf](http://www.urz.uni-heidelberg.de/imperia/md/.../sas...mixed_urz1100.pdf), abgerufen 08.10.2011
- ANONYM (1971): Lettiner-Schlüssel, Zentralstelle für Futtermittelprüfung und Fütterung, Halle-Lettin, Arbeitsblatt L71
- ANONYM (1999): Methodenbuch Band III, Die chemische Analyse von Futtermitteln, Verlag VDLUFA, Darmstadt
- ANONYM (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder, Ausschuss für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, DLG-Verlag, Frankfurt a. Main, 8, S. 135
- ANONYM (2006): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. DLG-Verlag, 2, S. 2-4
- ANONYM (2008): Bekämpfung verbreiteter Grünlandunkräuter. TLL-Jena, Referat Grünland u. Futterbau, [www.tll.de/ainfo/pdf/unkr0308.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/unkr0308.pdf), abgerufen 07.06.2012
- ANONYM (2009): Efficacy evaluation of herbicides - Weeds in Grassland. EPPO, PP 1/61 (3), 4 S.
- ANONYM (2010): Gruber Tabelle zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Schafe, Ziegen. Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, 32. Aufl., S. 11-36
- ANONYM (2011A): Hinweise zum sachkundigen Einsatz von PSM im Ackerbau und auf Grünland - 2012. Sächs. Landesamt f. Umwelt, Landw. u. Geologie, S. 260-267
- ANONYM (2011B): Pflanzenschutz u. Sorten in Ackerbau u. Grünland. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Eigenverlag, 36 S.
- ANONYM (2011C): Preisliste Pflanzenschutzmittel agrar, BayWa AG München, Eigenverlag
- ANONYM (2011D): Feldarbeitsrechner, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt, [www.ktbl.de](http://www.ktbl.de), abgerufen 17.12.2011
- ANONYM (2011E): ANOVA: Voraussetzungen, [www2.hu-berlin.de/psychologie/ingpsycsw/MethWiki/pmwiki.php?n=ANOVA](http://www2.hu-berlin.de/psychologie/ingpsycsw/MethWiki/pmwiki.php?n=ANOVA). Voraussetzungen, abgerufen 08.10.2011
- ANONYM (2011F): Zufällige Effekte (im gemischten Modell der ANOVA). [www.statsoft.de/glossary/glossar.html](http://www.statsoft.de/glossary/glossar.html), abgerufen 05.10.2011

- ANONYM (2012): Die wichtigsten Grünlandunkräuter und ihre Bekämpfung. LWK Schleswig-Holstein, [www.lksh.de/landwirtschaft/pflanze/gruenland-und-ackerfutterbau/dauergruenland/pflanzenschutz](http://www.lksh.de/landwirtschaft/pflanze/gruenland-und-ackerfutterbau/dauergruenland/pflanzenschutz), abgerufen 9.6.2012
- BAEUMER, K., BÖTTGER, W. & RAUBER, R. (1983): Methodische Ansätze zur Erforschung des Konkurrenzverhältnisses der Gemeinen Quecke (*Agropyron repens*) in Getreidebeständen. Verhandlungen Gesellschaft f. Ökologie, Göttingen, 11 (Festschrift ELLENBERG), S. 27-34
- BÄR, H. (2009): Empfehlungen zur Pflanzenschutzmittelanwendung 2009. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, S. 166-172
- BERENDONK, C. (2008): Ratgeber Pflanzenbau u. Pflanzenschutz - Unkrautbekämpfung im Dauergrünland. LWK NRW, 13. Aufl., S. 465-470
- BERNHARD, U., SCHULZ, T., SCHUSTER, S. & ERDEI, I. (2004): Starane®Ranger-ein neues Herbizid zur selektiven Unkrautbekämpfung im Grünland. Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 54. Dt. Pflanzenschutztagung, ISBN: 3-930037-12-2, S. 240
- BISKUPEK, B. (1993): Futterqualität in Abhängigkeit von interspezifischer Konkurrenz. Dissertation Giesen, 177 S.
- BOCKHOLT, R. (2001): Futterwert u. Siliereignung d. häufigsten autochthonen Pflanzen-Arten des Niedermoorgrünlandes. Archiv Acker-Pflanze-Boden, 47, S. 183-199
- BOCKHOLT, R. & KANNEWURF, B. (2001): *Rumex obtusifolius* auf Niedermoor in Mecklenburg-Vorpommern (Verbreitung, Futterwert, Siliereignung, Rückdrängung durch Extensivierung). Mitt. d. Arbeitsgem. Grünland u. Futterbau, 45, S. 49-51
- BOCKHOLT, R. (2004): Differenzen der Energiedichte von Grünlandfutter bodenständiger Gräser und Kräuter bei Verwendung einer Cellulasemethode im Vergleich zur Rohrnährstoffmethode. Mitt. d. Arbeitsgem. Grünl. u. Futterb., 48, S. 57-60
- BÖHM, H., ENGELKE, T., FIENZE, J., HÄUSLER, A. & PALLUTT, B. (2003): Strategien zur Regulierung von Wurzelunkräutern im ökologischen Landbau. Landbauforschung Völkenrode SH 255, S. 7-82
- BOHNER, A. (2001): Physiologie und futterbaulicher Wert des Ampfers. 7. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, S. 39-44
- BORTZ, J. (1999): Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 5. Aufl., ISBN 3-540-65088-1, S. 273-275, 291-292, 317
- BRAUN, P. (2000): Die vergleichende Validierung quantitativer Modelle von Pflanzen-Gemeinschaften. Habilitationsschrift, Universität Gießen, S. 11-17
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Springer, 3. Aufl., Wien, New York

- BREITBARTH, G. (2007): Rahmenbedingungen für die Grünlandwirtschaft. DLG-Grünlandtagung, 21. Juni Arnstadt
- BRIEMLE, G. (1992): Methodik der quantitativen Vegetationsaufnahme im Grünland. Naturschutz und Landschaftspflege, 24, S. 31-34
- BRIEMLE, G., SPECK, K., ELSÄSSER, M. & HESS, R. (1998): Moosverdrängung am besten m. ordnungsgemäßer Mineraldüngung. LAZ Aulendorf, [www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1040673\\_11\\_pcontent/index.html](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1040673_11_pcontent/index.html), abgerufen 29.05.2012
- BUCHGRABER, K. (2009): Qualitätsveränderungen bei der Lagerung von Silage und Heu. 15. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, 26.03.2009, S. 73-80
- COBLE, H.D. & MORTENSEN, D.A. (1992): The Threshold Concept and its Application to Weed Science. Weed Technology, 6, S. 191-195
- CONTER, G., HANSEN, M., KLÖCKER, M., SANTER, H. & KOHNEN, H. (2004): FILL-Projekt: Grünland ist besser als sein Ruf?! Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 48, S. 179-182
- COURTNEY, A.D. (1970): Control of *Rumex spp.* in N. Ireland and the influence of herbicidal treatment on herbage yield and composition. Proceedings of the 10th British Weed Control Conference, S. 488-493
- COURTNEY, A.D. (1972): Docks in grassland, their influence on herbage productivity. Proceedings of the 11th British Weed Control Conference, S. 315-322
- COURTNEY, A.D. & JOHNSTON, R.D. (1974): Time of herbicide application for the control of docks (*Rumex obtusifolius*) in a grassland conservation system. Proceedings of the 12th British Weed Control Conference, S. 751-760
- COURTNEY, A.D. & JOHNSTON, R.D. (1978): A consideration of the contribution to production of *Rumex obtusifolius* in a grazing regime. Proceedings of the 14th British Weed Control Conference, S. 325-332
- COURTNEY, A.D. (1985): Impact and control of docks in grassland. British grassland society, Occasional symposium, 18, S. 20-127
- CURRAN, W.S. & LINGENFELTER, D.D. (2001): Weed Management in Pasture systems. Pennsylvania State University, College of Agricultural Science, <http://www.cropsoil.psu.edu/extension/facts/agfact62.pdf>, abgerufen 29.05.2012
- DANIEL, P. (1998A): Gäreignung von Kräutern des Wirtschaftsgrünlandes. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 42, S. 15-22
- DANIEL, P. (1998B): Zum Effekt einiger Kräuter des Wirtschaftsgrünlandes auf den Futterwert. VDLUFA-Schriftenreihe, 49, S. 477-480
- DE WIT, C.T. (1960): On competition. Versl. Landbouwkund. Onderzoek, 66, S. 1-82

- DERRICK, R.W., MOSELEY, G. & WILMAN, D. (1993): Intake by sheep and digestibility of chickweed, dandelion, dock, ribwort and spurrey, compared with perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 120(1), S. 51-61
- DITTMANN, L. & BOCKHOLT, R. (2004): Kalkulation von Futterwert und Siliereignung autochthoner Mischbestände des Dauergrünlandes auf der Grundlage dynamischer Nährstofftabellen für einzelne Pflanzenarten. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 48, S. 35-38
- DOYLE, C.J. (1982): Economic evaluation of weed control in grassland. *Proceedings British Crop Protection Conference-Weeds*, S. 419-427
- DOYLE, C.J. & ELLIOTT, J.G. (1983): Putting an economic value on increases in grass production. *Grass and Forage Science*, 38, S. 169-177
- DOYLE, C.J., OSWALD, A.K., HAGGAR, R.J. & KIRKHAM, F.W. (1983): A mathematical modeling approach to the study of the economics of controlling *Rumex obtusifolius* in grassland. *Weed Research*, 24, S. 183-193
- DU PREL, J.B., HOMMEL, G., RÖHRIG, B. & BLETTNER, M. (2009): Konfidenzintervall oder p-Wert? *Deutsches Ärzteblatt*, 106(19), S. 335-339
- ECKARDT, T. (2007): Mehr Zucker im Gras. *Bayrisches Landwirtschaftliches Wochenblatt*, Dt. Landwirtschaftsverlag Hannover, 10, S. 29-30
- ELSÄSSER, M. (2003): Überlegungen zur nachhaltigen Unterdrückung und Bekämpfung von Stumpfbältrigem Ampfer. *Landbauforsch. Völkenrode*, SH 255, S. 69-72
- ELSÄSSER, M. (2010): Ermittlung des Ertragsanteils der jeweiligen Pflanzenart. LAZBW Aulendorf, <http://www.gruenland-online.de>, abgerufen 29.05.2012
- FINZE, J. & BÖHM, H. (2003): Strategien zur Ampferbekämpfung im Grünland unter den Bedingungen des ökologischen Landbaues. *Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau*, 47, S. 139-142
- FISAHN, J. (2012): Ideale Bestandszusammensetzung anstreben. LWK Niedersachsen, [www.lwk-niedersachsen.de](http://www.lwk-niedersachsen.de), webcode 01019632, abgerufen 9.6.2012
- FÖSSLEITNER, F. (2001): Lösung der Ampferproblematik in Praxisbiobetrieben- Ergebnisse einer Fallstudie. 7. Alpenl. Expertenf., BAL Gumpenstein, S. 69-74
- FOWLER, J., COHEN, L. & JARVIS, P. (1998): *Practical Statistics for Field Biology*. 2nd edition, Wiley&Sons Chichester, ISBN 0-471-98296-2, S. 81-89
- GEBHARDT, R. (2011): Unkrautregulierung auf dem Grünland. Landesamt f. Landwirtschaft, Lebensm. und Fischerei MV, [www.lallf.de](http://www.lallf.de), abgerufen 7.06.2012
- GEBHARDT, S. & KÜHBAUCH, W. (2006): Automatische bildanalytische Klassifikation von *Rumex obtusifolius* in gemischten Grünlandbeständen. *Zeitschrift f. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, Sonderheft XX, S. 189-195



- GEHRING, K. (2009): Ampfer- Hauptfeind Nr. 1. Bayr. Landw. Wochenbl., 10, S. 23-26
- GIERUS, M. (2008): Bedeutung kondensierter Tannine und Polyphenoloxidasen in Futterbau und Wiederkäuerernährung. <http://landtechnik.weihenstephan.de/physio/fileadmin/1.Seite/GemSemTierwissenschaft/2008-2009/Gierus-WS2008-09.pdf>, abgerufen 14.08.2012
- GOEDEKE, K. (2011): Validierung von Schätzgleichungen, münd. Mitteilung, 08.11.2011
- GRAF, R.M., v. ROßBERG, D. & NEUKAMPF, R. (2009): Definition pflanzenartspezifischer Anbauggebiete für ein regionalisiertes Versuchswesen im Pflanzenschutz. Journal f. Kulturpflanzen, 61(7), S. 247-253
- HARMS, J. (2009): Optimale Intensität der Grünlandbewirtschaftung und deren wirtschaftliche Ergebnisse in Milchvieh haltenden Betrieben. DLG-Grünlandtagung, Iden, Tagungsband, S. 21-32
- HARMS, J. & HEILMANN, H. (2008): Optimale Intensität der Grünlandbewirtschaftung bei steigendem Agrarpreisniveau. Mitteilungen der LFA f. Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg-Vorpommern, ISSN 1618-7938 (40), S. 116-119
- HARRIS, W. & RHODES, I. (1989): Comparison of ryegrass – white clover competitive interactions in New Zealand and Wales. Proceedings 16th International Grassland Congress, Nice, S. 617-618
- HATCHER, P.E., PAUL, N.D., AYRES, P.G. & WHITTAKER, J.B. (1997): The effect of nitrogen fertilization and rust fungus infection, singly and combined, on the leaf chemical composition of *Rumex obtusifolius*. Functional Ecology, 11, S. 545-553
- HEJDUK, S. & DOLEZAL, P. (2004): Nutritive value of broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius* L.) and its effect on the quality of grass silages. Czech Journal of Animal Science, 49(4), S. 144-150
- HERTWIG, F. (2004): Energetische Bewertung von Gras und Graskonservaten von Grünlandflächen unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität. 45. Fachtagung des DLG-Ausschusses „Gräser, Klee und Zwischenfrüchte“ Fulda, S. 11-18
- HERTWIG, F. (2005): Anforderungen an die landwirtschaftliche Grünlandnutzung in Brandenburg in Abhängigkeit von den Auflagen – Naturschutz, Extensivierung, Gute fachliche Praxis. Deutscher Grünlandverband, 1, S. 19-30
- HERZOG, E. (2011): Quantifizierungsgrenzen in der Futtermittelanalytik der TLL. mündliche Mitteilung
- HIMSTEDT, M., FRICKE, T. & WACHENDORF, W. (2009): Chancen und Grenzen der Abschätzung des Leguminosen-Ertragsanteils mittels der digitalen Bildanalyse. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 21, S. 49-50
- HIMSTEDT, M. & WACHENDORF, M. (2009): Der Zusammenhang von Leguminosen-Deckungsgrad und –Ertragsanteil als Grundlage für bildanalytische Ertragsan-

- teilschätzungen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 21, S. 135-136
- HOCHBERG, H. (2008): Im Focus effizienter Nutzung. Bauernzeitung, Berlin, 10, 22-25
- HOEDTKE, S. (2010): Proteinabbau und Proteinbewertung in Silagen. VDLUFA-Schriftenreihe, ISBN 978-3-941273-08-5, S. 127-144
- HOFFMANN, M. (2012): Die praktische Anwendung der Proteinbewertung für Wiederkäuer in der Rationsgestaltung für Milchrinder. Sächs. Landeskontrollverband e.V., Sächs. Futtertag, Groitzsch, 21.März, 24 S.
- HOFMANN, M., ISSELSTEIN, J. & OPITZ v. BOBERFELD, W. (1997): Entwicklung eingesäter Kräuter in *Lolium perenne*-Grasnarben für die Ertragsleistung der Bestände. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, 1, S. 35-41
- HONGO, A. (1989A): Survival and growth of seedlings of (*Rumex obtusifolius* L.) and (*Rumex crispus* L.) in newly sown grassland. Weed Research, 29(1), S. 7-12
- HONGO, A. (1989B): Transplant survival of *Rumex obtusifolius* L. and *Rumex crispus* L. in three old reseeded grasslands. Weed Research, 29(1), S. 13 - 19
- HONIG, H. (1986): Influence of forage type and consolidation on gas exchange and losses in silo. 8th Silage Conference, Hurley, Maidenhead (UK), S. 51-52
- HOPKINS, A. & JOHNSON, R.H. (2002): Effect of different manuring and defoliation patterns on broad-leaved dock (*Rumex obtusifolius*) in grassland. Annals of Applied Biology, 140, S. 255-262
- HUBER-SANNWALD, E. (2001): Konkurrenzverhältnisse und Konkurrenzverhalten von Pflanzen im Dauergrünl. 7. Alpenl. Expertenforum, BAL Gumpenstein, S. 9-19
- HUMPREYS, J., JANSEN, T., CULLETON, N., MACNAHEIDE, F.S. & STOREY, T. (1999): Soil potassium supply and *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* abundance in silage and grazed grassland swards. Weed Research, 39, S. 1-13
- ISSELSTEIN, J. (1994): Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandunkräuter. Habilitationsschrift, Uni-Giessen
- ISSELSTEIN, J. (1995): Zur Variabilität von Futterwerteigenschaften verbreiteter Grünlandkräuter. VDLUFA-Schriftenreihe, 40, S. 405-408
- JEANGROS, B. & NOESBERGER, J. (1990): Effects of an established sward of *Lolium perenne* L. on the growth and development of *Rumex obtusifolius* seedlings. Grass and Forage Science, 45(1), S. 1-7
- KALZENDORF, C. (1997): Einfluss der Gärqualität auf die Beschaffenheit der Milch. LWK Hannover, Praxisinformation Grünland u. Futterwirtschaft, 20, S. 30-35

- KLAPP, E. (1956): Flächenschätzung oder Ertragsanteilschätzung auf Grünland? Zeitschrift f. Acker- u. Pflanzenbau, 100, S. 26-30
- KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden – Eine Grünlandlehre. Parey-Verlag, Berlin u. Hamburg, 4. Aufl., S. 289-313, 602
- KLEFFMANN (2002): Pasture herbicide survey, Germany 2002, unveröffentlicht
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. & VOLESKE, P. (2002): Biostatistik - Eine Einführung für Biologen und Agrarwissenschaftler. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 3. Aufl., ISBN 3-540-42947-6, S. 51-83, 117-123, 149-151
- KUTSCHERA, L. & LICHTENEGGER, E. (1992): Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen, Band 2, *Pteridophyta* und *Dicotyledoneae*, Teil 1 Morphologie, Anatomie. Ökologie, Verbreitung, Soziologie, Wirtschaft. G. Fischer-Verlag, Stuttgart-Jena-New York: Gustav Fischer, S. 851
- LASER, H. (2006): Aerostabilität von Hochzucker-Gras-Silagen nach unterschiedlicher Wachstumsdauer. Mitt. d. Arbeitsgem. Grünland und Futterbau, 50, S. 134-136
- LATSCH, R., SAUTER, J., HERMLE, S., DÜRR, L. & ANKEN, T. (2007): Control of *Rumex obtusifolius* L. in Grassland Using Microwave Technology. Tagung Landtechnik AgEng, VDI-Verlag Hannover, S. 501-506
- LEONHART, R. (2009): Lehrbuch Statistik. Verlag Hans Huber, Bern, ISBN 978-3-456-84611-8, S. 339 ff, 411 ff
- LEVENE, H. (1960): Robust tests for equality of variances, Essays in Honor of Harold Hotelling, Stanford University Press, S. 278-292
- LOCK, R., RADEMACHER, I., NONN, H. & KÜHBAUCH, W. (2004): Bestimmung des Deckungsgrades in Grünland und Rasenflächen mit Hilfe Digitaler Bildverarbeitung. Mitt. d. Arbeitsgem. Grünland und Futterbau, 48, S. 213-216
- LOSAND, B., PRIES, M., MENKE, A., THOLEN, E., GRUBER, L., HERTWIG, F., JILG T., KLUTH, H., SPIEKERS, H., STEINGASS, H. & SÜDEKUM, K.H. (2008): Schätzung des Energiegehaltes in Grasprodukten - Bericht zum Stand neuer Ableitungen. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 52, S. 108-112
- LÜDKE, H. (2004): Silage – Monitoring, Silagen aus der Ernte der Jahre 2000 bis 2002. TLL, Abschlussbericht Themenblatt-Nr. 46.08.300/2003
- LÜSCHER, A., NÖSBERGER, B., JEANGROS, B. & NIGGLI, U. (2001): Jugendentwicklung und Konkurrenzverhalten von *Rumex obtusifolius* L. Mitteilungen der Arbeitsgemeinschaft Grünland und Futterbau, 45, S. 45-46
- MAMORU, N., TETSUO, S., RYOHEI, M. & TADASHI, K. (1991): In vitro Dry Matter Digestibility and Chemical Composition of *Rumex obtusifolius* L. in Pastures. Weed Research, Japan, 36(2), S. 118-125

- MARTINKOVA, Z., HONEK, A., PEKAR, S. & STROBACH, J. (2009): Survival of *Rumex obtusifolius* L. in unmanaged grassland. *Plant Ecology*, 205(1), S. 105-111
- MATTHES, I. (2006): Langzeituntersuchungen zur Qualität d. in der Thür. Tierproduktion eingesetzten Futtermittel. Abschlussbericht Themenblatt-Nr. 46.08/2005
- MEISTER, E. & LEHMANN J. (1988): Nähr- und Mineralstoffgehalt von Wiesenkräutern aus verschiedenen Höhenlagen in Abhängigkeit vom Nutzungszeitpunkt. *Schweiz. Landw. Forschung*, 26, 2, S. 127-137
- MILBERG, P. (1997): Weed seed germination after short-term light exposure: germination rate, photon fluence response and interaction with nitrate. *Weed Research*, 37, S. 157-164
- MONTAG, N. (2005): Experimentelle Untersuchungen der Effekte verschiedener Salze auf den Säuren-Basen-Haushalt bei Michkühen. Dissertation FU Berlin, ISBN 3-89820-899-0
- MÜLLER, W. (2008): Beitrag zur Biologie des Stumpfbältrigen Ampfers (*Rumex obtusifolius* L.). *Nachrichtenblatt d. Deut. Pflanzenschutz*, 60(6), S. 129-138
- NEFF, R. & BÖTTNER, M. (2012): Chemische Bestandsregulierung auf Grünland. *Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Merkbl. Grünlandw. u. Futterbau*, 2, S. 1-16
- NIGGLI, U., NÖSBERGER, J. & LEHMANN, J. (1993): Effects of nitrogen fertilization and cutting frequency on the competitive ability and the regrowth capacity of *Rumex obtusifolius* L. in several grass swards. *Weed Research*, 33, S. 131-137
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1994): *Grünlandlehre*, Eugen Ulmer, Stuttgart ISSN 3-8252-1770-1, S. 59-80
- OPITZ V. BOBERFELD, W. & JUCKEN, E. (1995): Gäreigenschaften und Gärfutterqualität in Abhängigkeit variiertter Mischungskomponenten unter Einbeziehung von interspezifischer Konkurrenz. *Das wirtschaftseigene Futter*, 41(2), S. 163-171
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (2003): Zur Biologie großblättriger *Rumex*-(Ampfer-) Arten. *Landbauforschung Völkenrode*, SH 255, S. 49-52
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (2008): Verdaulichkeit organischer Substanz von Schnittgut für die Gärfutterbereitung in Abhängigkeit vom Vorwelkegrad. *Pflanzenbauwissenschaften*, ISSN 1431-8857, 12(2), S. 64-68
- OSWALD, A.K. & ELLIOTT, J.G. (1970): The toxicity of three herbicides to the docks (*Rumex spp.*) and grasses growing in a mainly ryegrass pasture. *Proceedings of the 10th British Weed Control Conference*, S. 481-487
- OSWALD, A.K. & HAGGAR, R.J. (1983): The effects of *Rumex obtusifolius* on the seasonal yield of two mainly perennial ryegrass swards. *Grass and Forage Science*, 38, S. 187-191

- PAYNE, K.K. (2009): Influence of herbicide applications and common pasture weeds on total Forage yield and nutritive values in tall fescue pastures and hayfields in Missouri. University of Missouri, Master Degree paper
- PEEL, S. & HOPKINS, A. (1980): The incidence of weeds in grassland. Proceedings of the 15th British Weed Control Conference, S. 877-890
- PEYKER, W. (2003): Standpunkt zur Silierung von Grünfütterstoffen. Thür. Landesanstalt für Landwirtschaft, S. 1-10
- PIEPHO, HP. (2004): An Algorithm for a Letter-Based Representation of All-Pairwise Comparisons. J. of Computational and Graphical Statistics, 13(2), S. 456-466
- POPAY, I. & BARLOW, N. (1988): Costs of some weeds of dairy pasture and their control. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 49, S. 177-180
- PÖTSCH, E. M. (2001A): Historisches zum Ampfer. 7. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, S. 29-32
- PÖTSCH, E. M. (2001B): Wissenswertes zur mechanischen und chemischen Ampferbekämpfung. 7. Alpenl. Expertenforum, BAL Gumpenstein, S. 75-81
- PÖTSCH, E.M. (2003): Möglichkeiten der mechanisch/biologischen Ampferbekämpfung, Landbauforschung Völkenrode, SH. 255, S. 63-67
- RIEDER, J. B. (1983): Dauergrünland, BLV-Verlagsgesellschaft, München
- RIEHL, G. (2001): Unkrautregulierung- Hinweise zur Einhaltung des Förderprogramms UL. Sächs. Landesamt f. Umwelt, Landw. u. Geologie, [www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/2411.htm](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/2411.htm), abgerufen 09.Januar 2009
- RIEHL, G. & KINERT, C. (2007): Ausbreitung verhindern. Bauernzeitung, Berlin, ISSN 0941-2514, (10), S. 28-29
- ROTH, W. & KOLLAS, K. (2009): Grünland - Ampferbekämpfung. Rheinland-Pfalz, Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum Eifel, Informationsbroschüre, 7 S.
- SAVORY, B.M. & SOPER, D. (1973): Response of a pasture to removal of Docks (*Rumex spp.*) by treatment with Asulam. Weed Research, 13, S. 224-230
- SCHARENBERG, A., ARRIGO, Y., GUTZWILLER, A., SOLIVA, C.R., PERROUD, A., WYSS, U., KREUZER, M. & DOHME, F. (2005): Akzeptanz von Futterpflanzen mit Vorkommen von kondensierten Tanninen bei Schafen und ihre Gehalte an nutzbarem Rohprotein. 8. Wissenschaftst. Ökolog. Landb., Kassel, ISBN 3+89958-115-6, S. 381-382
- SCHECHTNER, G. (1957): Grünlandsoziologische Bestandsaufnahme mittels Flächenprozentschätzung. Aus der Bundesanst. f. alpenl. Lw. in Gumpenstein, S.33-43

- SCHMERBAUCH, K.J. (2000): Gärqualität und Schimmelpilzwachstum in Silagen in Abhängigkeit von Lagerungsdichte und äußerem Luftabschluss. Diss. HU-Berlin
- SCHMITT, K.O. (1989): Perspektiven in der Grünlandpfleg. Allgäuer Bauernblatt, Kempten, 17(08), S. 1751
- SCHÖNHERR, J. & PETERHÄNSEL, M. (2008): Zur Untersuchung von Futtermitteln - Neue Ausgabe der Analysenspielräume des VDLUFA. Kraftfutter - Feed Magazine, 7-8, S. 20-27
- SCHULZ, T. & BACHMEIER, J. (2011): Bewertung von Weißklee und Weidelgras im intensiv bewirtschaft. Dauergrünland, Dow AgroSciences München, Schriftenr. 11 S.
- SCHULZ, T., BERNHARD, U. & FUCHS, R. (2006) : DOW 83900H – ein neues Grünlandherbizid zur nachhaltigen Kontrolle von Ampfer-Arten und anderen dikotylen Unkräutern. Mitt. d. Biol. Bundesanst. f. Land- Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, 55. Dt. Pflanzenschutztagung, ISBN: 978-930037-30-8, S. 375
- SHAPIRO, S.S. & WILK, M.B. (1965): An Analysis of Variance Test for Normality. Biometrika, 52, S. 591-611
- SNAYDON, R.W. (1987): The botanical composition of pasture. Ecosystems of the World, ISBN 0-444-42565-9, S. 81-87
- SOBOTNIK, M. (2001): Verbreitung, Morphologie und Anatomie des Ampfers. 7. Alpenländisches Expertenforum, BAL Gumpenstein, S. 33-38
- SOBOTNIK, M. (2003): Biologie der Ampfer-Wurzelunkräuter, Schwerpunkt Bewurzelungseigenschaften. Landbauforschung Völkenrode, SH 255, S. 53-61
- SPIEKERS, H. (2004): Tierphysiologische Anforderungen an die Silagequalität. LfL Bayern, Institut für Tierernährung und Futterwirtschaft Grub
- STÄHLIN, A. (1971): Gütezahlen von Pflanzenarten in frischem Grundfutter. Das wirtschaftseigene Futter, Sonderheft 5, DLG-Verlag, Frankfurt/M., 152 S.
- STARZ, W., STEINWIDDER, A. & ANGERINGER, W. (2010): Ampferregulierung durch intensive Beweidung möglich? Ergebnisse aus einem Exaktversuch sowie aus der Praxis. Lehr- u. Forschungszentrum f. Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein, Fachtagung f. Biologische Landwirtschaft, ISBN: 978-3-902559-50-0, S. 25-44,
- STAUFENBIEL, R., GELFERT C.C., HOF, K., WESTPHAL, A. & DAETZ, C. (2009): Einfluss verschiedener Varianten der Trockensteher- und Transitkuhfütterung auf die Tiergesundheit und die Leistung. 10. Symposium zu Fragen der Fütterung und des Managements von Hochleistungskühen, Neuruppin, Tagungsbericht S. 11-76
- STEINHÖFEL, O. (2003): Wie viel darf Qualitätsfutter vom Grünland für Hochleistungskühe kosten? 5. DLG-Grünlandtagung, S. 69-74

- STEINHÖFEL, O., KRIEG, D., HANSCHMANN, G., MIETKE, H., RICHARDT, W. & HOFFMANN, M. (2008): : Futterbewertung für Wiederkäuer. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft Dresden, 3. Aufl., 57 S.
- STEINHÖFEL, O. & KRIEG, D. (1998): Prognose futterwertbestimmender Parameter von Grundfuttersilagen durch Siliergutuntersuchungen. VDLUFA-Schriftenreihe, 49, S. 449-452
- STILMANT, D., BODSON, B., VRANCKEN, C. & LOSSEAU, C. (2010): Impact of cutting frequency on the vigour of *Rumex obtusifolius*. Grass and Forage Science, 65 (2), S. 147-153
- TAUBE, F. (2009): Bedeutung der Nutzungsform und N-Versorgung für die Leistungsfähigkeit und N-Effizienz von Dauergrünland. DLG-Grünlandtagung, Iden, Tagungsband, S. 55-64
- TERÖRDE, H. (1997): Untersuchungen zur Nähr- und Mineralstoffversorgung von Mutterkuhherden auf ausgesuchten Standorten in Mecklenburg-Vorpommern. Dissertation, Berlin
- THAYSEN, J. (2006): Auswirkungen von Unkrautbesatz, insbesondere Ampfer in Grünland auf Futterqualität und Ökonomie. Dow AgroSciences München, Profis fürs Grünland, Schriftenreihe
- THAYSEN, J., RUSER, B. & KLEINMANN, J. (2006): Dichte Controlling – Bedeutung und Instrumente GKL-Frühjahrstagung – Siliererfolg auch bei großen Erntemassen, 28./29.03.2006, Bonn, S. 14–17
- THOMPSON, A.R. (1987): Fluroxypyr: broad-leaved weed control in grassland. Proceedings British Crop Protection Conference-Weeds, S. 735-742
- TRAXLER, A. (1997): Handbuch des vegetationsökologischen Monitorings - Teil A. Umweltbundesamt Wien, ISBN 3-85457-389-8, S. 102-139
- TREYSE, K., KELM, M., MEHRTENS, H. & TAUBE, F. (2008): Ein Indikatoransatz zur Bewertung der Nachhaltigkeit von intensiv genutzten Grünlandbeständen. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, 86, S. 79-102
- VAN SOEST, P.J. (1967): Development of a Comprehensive System of Feed Analyses and its Application to Forages. Journal of Animal Sciences, 26, S. 119-128
- VOIGTLÄNDER, G., LANG, V. & KÜHBAUCH, W. (1976): Zum Reservestoffwechsel des Stumpfbblätterigen Ampfers (*Rumex obtusifolius* L.) und des Wiesenknöterichs (*Polygonum bistorta* L.). Landwirtschaftliche Forschung, 29(2), S. 109-117
- WAGHORN, G.C. & JONES, W.T. (1989): Bloat in cattle, Potential of docks (*Rumex obtusifolius*) as an antibloat agent for cattle. New Zealand Journal of Agricultural Research, 32, S. 227-235

- WEAVER, S.E. & CAVERS, P.B. (1979): Dynamics of seed populations of *Rumex crispus* and *Rumex obtusifolius* (*Polygonaceae*) in disturbed and undisturbed soil. *Journal of Applied Ecology*, 16(3), S. 909-917
- WEIß, K. (2011): Untersuchung und Qualitätsbewertung von Grobfutter und Substraten. in: *Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung*, DLG-Verlag Frankfurt, ISBN 978-3-7690-0791-6, S. 246-267
- WEIBBACH, F. (1967): Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. *Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften*, Berlin, Tagungsberichte Nr. 92, S. 211-220
- WEIBBACH, F. & KUHLA, S. (1995): Stoffverluste bei der Bestimmung des Trockenmassegehaltes von Silagen und Grünfutter: Entstehende Fehler und Möglichkeiten der Korrektur. *Übersichten zur Tierernährung*, DLG-Verlag, Frankfurt, M., 23, S. 189-214
- WEIBBACH, F. & HONIG, H. (1997): DLG-Schlüssel zur Beurteilung der Gärqualität von Grünfuttersilagen auf Basis der chemischen Untersuchung. *LWK Hannover, Praxisinformation Grünland u. Futterwirtschaft*, 20, S. 5-29
- WEIBBACH, F. (1998A): Über die Bestimmung der Gärverluste in Silierversuchen unter Laborbedingungen. *VDLUFA-Schriftenreihe*, 49, S. 461-464
- WEIBBACH, F. (1998B): Untersuchungen über die Beeinflussung des Gärverlaufes bei der Bereitung von Silagen durch Wiesenkräuter verschiedener Spezies im Aufwuchs extensiv genutzter Wiesen. *Wiss. Mitt. der Bundesforschungsanstalt Braunschweig - Völkenrode*, SH 185, S. 17-19
- WESTENDARP, H. (2006): Effects of tannins in animal nutrition. 3. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 7, S. 264-268
- WILMAN, D. & RILEY, J.A. (1993): Potential nutritive value of a wide range of grassland species. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 120(1), S. 43-49
- ZALLER, J.G. (2006): Allelopathic effects of *Rumex obtusifolius* leaf extracts against native grassland species. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XX*, S. 463-470
- ZIRON, C. (2000): Zum Keimverhalten verbreiteter potentieller Ungräser und Unkräuter. *Institut f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung, Grünlandwirtschaft und Futterbau*, Justus Liebig Universität Gießen, S. 241-244



## Anhang

Eine Auflistung der Rohdaten der Einzelwerte bei Felderhebungen bzw. der Mittelwerte bei Laboranalysen erfolgt nur, sofern sie nicht bereits in Form von Abbildungen oder Tabellen an anderer Stelle dargestellt wurden.

<b>Anhang Tab. I:</b> Felderhebungsdaten Clausnitz 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag.....	202
<b>Anhang Tab. II:</b> Felderhebungsdaten Clausnitz 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag .....	204
<b>Anhang Tab. III:</b> Felderhebungsdaten Gahma 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag .....	206
<b>Anhang Tab. IV:</b> Felderhebungsdaten Gahma 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag.....	208
<b>Anhang Tab. V:</b> Felderhebungsdaten Marbach 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag.....	210
<b>Anhang Tab. VI:</b> Felderhebungsdaten Marbach 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag.....	212
<b>Anhang Tab. VII:</b> Rohmittelwerte der Mineralstoffgehalte [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] von Ampfer und Gras aus Felderhebungen nach Standort, Jahr und Aufwuchs .....	214
<b>Anhang Tab. VIII:</b> Rohmittelwerte der Gehalte an Spurenelementen [ $\text{mg} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] von Ampfer und Gras aus Felderhebungen nach Standort, Jahr und Aufwuchs .....	216
<b>Anhang Tab. IX:</b> Rohmittelwerte sonstiger Parameter der Gärqualität der Laborsilivversuche .....	217
<b>Anhang Tab. X:</b> Rohmittelwerte der Mineralstoffgehalte [ $\text{g} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] der reinen Gras- und Ampferproben der Laborsilivversuche .....	219
<b>Anhang Tab. XI:</b> Rohmittelwerte der Spurenelementgehalte [ $\text{mg} \cdot \text{kg TM}^{-1}$ ] der reinen Gras- und Ampferproben der Laborsilivversuche .....	221

**Anhang Tab. I:** Felderhebungsdaten Clausnitz 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag

Clausnitz, 2008, 1. AW						Clausnitz, 2008, 2. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
61	2	15	16,2	19,4	265,1	152	1	4	5,0	5,9	151,8
62	2	2	2,1	4,2	284,1	153	3	10	12,9	14,9	121,1
63	3	22	22,3	27,2	226,7	154	3	13	12,5	15,4	110,3
64	2	16	19,3	21,1	252,1	155	6	35	20,5	20,6	94,3
65	2	9	12,3	13,4	183,0	156	5	15	14,0	16,7	97,0
66	3	7	8,0	7,2	230,2	157	2	3	2,7	4,6	117,7
67	5	18	13,6	15,0	239,6	158	3	18	19,3	26,3	85,1
68	1	4	4,1	5,3	254,8	159	2	9	10,9	14,3	130,5
69	4	30	27,0	30,9	176,9	160	6	40	23,4	30,6	173,5
70	1	8	8,1	12,0	249,2	161	1	2	1,4	2,8	126,3
71	1	9	12,3	11,4	281,5	162	1	4	1,9	3,8	141,4
72	1	3	2,1	2,6	232,8	163	2	7	11,0	13,9	126,0
73	1	3	2,8	4,0	256,4	164	3	24	18,9	22,2	137,7
74	5	13	9,9	11,7	312,3	165	4	16	16,8	20,7	138,9
75	5	45	40,5	56,4	207,5	166	1	6	6,4	11,0	107,7
76	2	7	9,0	9,9	228,3	167	1	1	0,6	1,7	136,4
77	1	2	1,6	1,8	184,7	168	3	10	7,8	13,2	154,8
78	4	25	22,9	31,7	178,8	169	3	16	19,1	27,0	109,7
79	1	2	1,2	1,7	281,5	170	1	4	3,5	4,5	123,1
80	3	20	21,7	28,4	239,6	171	5	26	27,4	44,4	108,2
81	3	10	11,2	14,2	259,6	172	1	8	7,8	11,9	148,5
82	1	4	3,5	4,6	244,2	173	1	3	1,7	3,5	131,1
83	5	32	31,8	42,6	204,4	174	4	23	25,2	29,8	126,9
84	3	12	13,5	14,4	219,4	175	2	7	9,4	14,0	122,9
85	1	6	6,2	7,2	272,8	176	6	19	18,9	19,3	115,1
86	4	28	20,4	24,4	210,2	177	2	11	13,6	13,6	170,3
87	2	5	3,8	3,7	244,8	178	1	4	2,0	4,1	166,8
88	6	20	17,5	24,4	216,3	179	1	8	10,4	9,1	178,9
89	2	4	2,8	2,7	206,1	180	6	32	28,6	34,2	106,4
90	3	10	7,8	13,3	250,4	181	2	15	17,7	19,2	124,3

**Anhang Tab. I – Fortsetzung:** Felderhebungsdaten Clausnitz 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag

Clausnitz, 2008, 3. AW						Clausnitz, 2008, 4. AW					
Lfd.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
Nr.	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW	Nr.	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
181	3	8	7,2	6,6	165,4	301	3	4	7,2	6,6	165,4
182	1	5	7,7	6,7	154,0	302	4	16	20,2	19,1	164,7
183	3	25	33,3	30,1	139,4	303	2	7	4,7	4,2	182,5
184	2	15	21,8	22,9	166,3	304	6	22	18,8	18,8	145,1
185	1	6	9,5	9,4	177,5	305	1	6	6,4	6,2	137,0
186	2	4	4,6	4,2	166,1	306	2	12	15,4	14,0	126,1
187	4	20	27,6	35,5	122,3	307	2	5	5,3	4,6	143,9
188	2	10	15,9	24,0	154,5	308	4	18	22,1	20,6	141,2
189	2	2	1,3	0,9	142,6	309	6	27	21,9	18,9	108,6
190	6	28	25,5	28,2	97,8	310	2	10	12,6	10,8	175,5
191	3	12	12,3	12,6	127,5	311	1	3	2,6	2,2	173,9
192	4	25	21,1	9,2	126,9	312	2	7	6,5	7,8	162,4
193	2	4	3,7	2,8	138,8	313	3	28	31,9	40,9	141,8
194	3	11	9,0	8,4	130,3	314	4	35	32,3	38,3	137,4
195	4	20	17,1	20,0	151,1	315	3	17	18,2	14,3	137,6
196	1	1	0,9	1,2	138,4	316	1	5	5,7	5,4	161,2
197	2	7	5,4	4,0	151,7	317	1	8	8,8	9,0	149,6
198	1	5	6,7	5,7	152,5	318	3	35	38,9	50,8	146,9
199	2	9	8,9	7,5	110,2	319	2	11	13,7	16,0	147,8
200	5	24	21,3	18,2	134,6	320	2	7	7,7	8,4	116,1
201	1	1	0,8	0,7	97,1	321	1	5	5,4	5,9	130,9
202	3	7	8,0	6,1	106,8	322	3	13	10,7	8,5	166,3
203	5	20	13,0	10,1	86,2	323	1	6	6,0	8,2	161,6
204	4	30	31,9	32,0	88,1	324	3	19	17,7	19,1	164,5
205	3	10	10,3	8,8	93,0	325	1	12	8,4	8,8	168,7
206	4	36	38,7	37,3	118,8	326	2	5	7,1	6,8	128,7
207	2	23	24,9	20,7	95,8	327	2	9	13,9	14,8	153,5
208	2	7	6,8	5,3	174,9	328	6	45	39,9	49,5	124,9
209	1	3	2,8	2,1	141,7	329	1	16	18,6	20,3	135,3
210	2	8	9,1	8,0	110,0	330	2	4	2,2	2,3	155,2

**Anhang Tab. II:** Felderhebungsdaten Clausnitz 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag

Clausnitz, 2009, 1. AW						Clausnitz, 2009, 2. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
421	2	8	16,2	19,4	265,1	511	1	6	5,0	5,9	151,8
422	3	11	9,3	11,2	265,0	512	2	45	53,0	82,4	126,0
423	3	22	22,5	34,5	283,9	513	1	22	27,3	25,9	104,7
424	1	5	7,3	8,3	239,3	514	1	3	2,2	1,5	140,7
425	4	27	19,7	24,7	260,2	515	1	9	10,8	8,1	103,0
426	2	18	18,3	27,7	245,7	516	1	3	2,7	1,8	139,7
427	1	6	5,3	5,9	261,0	517	1	10	14,9	13,1	123,9
428	1	7	7,8	13,1	278,3	518	1	4	6,4	6,5	124,2
429	1	1	0,5	0,9	293,0	519	2	15	19,6	21,1	140,0
430	3	20	20,3	38,9	268,9	520	2	12	11,9	13,1	145,5
431	2	8	10,5	17,2	277,4	521	1	16	18,8	22,2	133,9
432	1	5	4,9	8,0	290,4	522	1	2	3,0	1,7	162,9
433	2	4	5,4	4,5	335,9	523	1	8	8,1	6,6	164,5
434	2	25	25,6	34,8	310,7	524	2	7	9,6	9,3	138,3
435	2	9	10,2	13,4	358,6	525	1	21	24,9	27,9	101,8
436	1	2	1,4	2,9	307,9	526	2	7	7,7	5,4	125,2
437	1	17	17,5	19,0	310,4	527	1	18	21,7	18,2	133,6
438	2	4	2,5	3,1	280,5	528	1	5	4,8	4,7	150,1
439	4	25	28,2	43,1	323,6	529	3	26	36,1	38,2	132,4
440	4	33	31,1	41,8	337,8	530	2	5	3,6	2,1	155,6
441	4	45	40,5	55,2	356,5	531	2	20	22,8	26,1	168,7
442	3	18	13,0	16,6	336,8	532	1	37	37,7	54,4	106,8
443	5	12	8,0	11,2	315,5	533	2	4	4,6	7,2	175,6
444	2	9	5,9	7,8	358,2	534	1	20	29,1	48,2	144,9
445	2	3	2,4	2,5	326,7	535	1	6	9,8	8,5	165,3
446	3	15	13,7	17,5	354,4	536	1	30	32,8	32,9	142,3
447	1	24	20,8	31,5	290,8	537	1	8	9,0	7,5	137,2
448	1	5	5,4	5,7	244,6	538	2	4	4,9	2,8	175,2
449	3	11	9,0	14,5	282,8	539	1	17	21,0	22,7	177,3
450	1	10	11,3	12,1	333,6	540	1	6	6,0	4,7	160,0

**Anhang Tab. II – Fortsetzung:** Felderhebungsdaten Clausnitz 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag

Clausnitz, 2009, 3. AW						Clausnitz, 2009, 4. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
571	3	4	7,2	6,6	165,4	661	3	5	7,2	6,6	165,4
572	2	6	4,2	3,4	135,0	662	1	3	2,9	3,1	166,0
573	1	5	5,0	4,4	206,7	663	2	1	0,6	0,7	190,9
574	1	8	8,6	10,2	178,8	664	3	17	18,0	15,7	158,3
575	1	22	22,3	31,4	162,3	665	3	45	40,9	53,7	159,2
576	3	7	4,4	5,5	168,4	666	1	12	9,4	9,2	186,4
577	2	15	21,0	25,1	139,8	667	1	10	12,5	12,0	197,2
578	2	8	7,1	8,9	159,6	668	1	3	1,7	1,3	199,6
579	1	24	29,7	44,9	145,1	669	3	20	17,3	23,1	217,0
580	1	12	13,8	5,0	159,8	670	3	35	27,5	42,0	204,1
581	1	4	2,8	4,5	167,0	671	1	8	9,6	14,2	192,3
582	1	1	1,3	1,0	137,0	672	2	14	13,5	17,6	175,4
583	1	7	7,2	7,5	138,6	673	1	7	7,3	7,0	213,6
584	1	3	3,1	3,8	199,9	674	3	16	18,2	22,4	201,8
585	3	18	16,6	17,8	156,9	675	3	39	41,1	58,0	152,9
586	1	5	5,3	4,9	157,6	676	1	1	0,4	0,6	177,0
587	2	13	12,1	14,7	198,8	677	1	4	3,3	3,6	192,0
588	1	9	10,3	14,9	205,3	678	1	18	17,3	17,2	184,7
589	2	27	30,4	36,1	132,4	679	2	10	11,0	10,4	169,8
590	1	8	11,5	15,0	184,0	680	2	30	31,0	32,0	224,0
591	1	16	20,4	16,2	171,5	681	1	15	18,6	26,2	212,2
592	1	6	8,1	9,4	156,2	682	2	30	33,5	46,9	203,2
593	1	4	4,4	3,5	166,0	683	2	7	6,1	6,1	195,6
594	3	14	18,4	25,5	156,2	684	1	8	6,9	5,7	183,6
595	1	15	16,2	14,0	152,8	685	1	9	9,9	8,3	178,8
596	1	5	6,6	6,8	138,0	686	1	7	7,7	8,1	183,9
597	2	40	43,0	72,2	143,1	687	1	4	4,3	4,5	171,8
598	2	27	37,1	52,9	95,5	688	3	27	22,5	24,5	165,7
599	3	45	43,0	57,1	106,2	689	1	4	2,9	2,9	189,7
600	1	12	15,0	14,9	143,1	690	2	17	18,4	23,1	200,1

**Anhang Tab. III:** Felderhebungsdaten Gahma 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag

Gahma, 2008, 1. AW						Gahma, 2008, 2. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
31	1	4	3,2	5,2	342,4	121	1	15	15,3	29,2	169,2
32	1	6	10,0	13,3	257,9	122	3	45	54,8	114,4	130,1
33	1	16	16,8	30,2	295,6	123	1	10	17,2	30,0	213,9
34	1	3	3,5	2,9	305,2	124	1	5	9,0	13,5	202,4
35	2	36	41,3	65,4	253,8	125	1	4	3,4	3,8	219,9
36	1	4	6,0	4,3	344,5	126	1	6	8,6	13,0	289,9
37	2	10	12,8	18,3	321,5	127	2	23	28,7	76,7	287,4
38	3	45	52,7	81,0	307,7	128	1	8	16,2	37,1	227,1
39	1	15	18,1	22,2	278,7	129	1	20	30,6	42,7	186,2
40	1	4	4,6	3,5	332,4	130	1	5	5,5	11,7	186,0
41	1	8	9,8	14,1	337,7	131	2	18	29,8	67,8	123,6
42	2	20	26,5	25,5	306,4	132	1	2	2,1	2,7	116,0
43	3	12	12,3	11,8	299,8	133	2	28	41,4	97,5	132,4
44	1	4	3,8	4,6	317,0	134	2	14	19,4	29,9	112,3
45	3	28	28,2	34,8	326,3	135	1	9	12,9	18,7	190,5
46	1	8	15,3	16,0	368,6	136	1	8	11,6	16,6	226,0
47	1	3	4,8	8,1	378,7	137	3	35	35,5	86,7	234,2
48	1	18	18,1	20,3	391,4	138	1	6	6,0	12,8	218,2
49	3	38	39,6	52,9	289,1	139	2	20	32,2	63,7	225,1
50	1	8	9,3	6,4	368,2	140	1	4	4,8	9,1	251,5
51	1	8	12,8	16,2	356,5	141	1	3	2,7	6,6	237,2
52	2	28	35,1	53,5	395,5	142	2	15	19,8	42,5	223,0
53	1	5	8,3	13,9	440,9	143	3	23	32,2	69,0	199,4
54	1	2	3,2	6,2	407,7	144	1	3	2,3	5,1	222,8
55	1	6	7,7	7,5	397,7	145	1	4	7,8	10,1	243,0
56	1	4	5,1	12,6	277,1	146	1	9	15,7	17,0	204,1
57	2	27	32,0	56,0	332,9	147	1	8	13,1	27,4	175,4
58	1	3	5,5	10,2	323,8	148	1	16	27,1	60,4	169,7
59	2	17	22,1	33,8	308,1	149	2	36	45,4	110,6	182,0
60	1	6	7,6	14,0	379,5	150	5	30	42,9	74,1	152,5

**Anhang Tab. III - Fortsetzung:** Felderhebungsdaten Gahma 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag

Gahma, 2008, 3. AW						Gahma, 2008, 4. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
211	2	7	7,7	13,4	88,3	271	1	7	9,0	12,7	198,0
212	1	3	3,1	3,9	106,5	272	1	4	4,4	3,6	82,0
213	3	18	21,6	29,9	96,5	273	1	18	23,2	29,8	148,7
214	3	25	34,6	58,5	103,2	274	3	50	52,5	93,5	134,8
215	1	5	5,8	15,3	158,6	275	1	6	6,0	6,0	141,8
216	1	3	1,9	2,4	95,2	276	2	15	18,9	38,0	67,7
217	1	6	9,4	15,9	91,6	277	1	4	3,5	3,5	172,8
218	3	13	15,3	20,7	90,8	278	4	22	27,1	36,3	130,8
219	5	30	37,0	43,4	76,2	279	1	10	14,0	13,8	129,4
220	1	16	25,4	37,0	108,9	280	1	15	19,9	20,8	113,6
221	1	5	5,3	2,8	93,1	281	1	5	5,1	4,7	183,9
222	1	21	29,7	51,7	59,9	282	1	40	38,9	145,7	166,1
223	1	9	12,5	9,7	146,1	283	2	10	14,4	32,5	157,4
224	3	15	22,7	17,2	67,6	284	3	14	17,2	30,0	141,4
225	2	10	11,7	10,1	107,8	285	1	3	4,6	13,8	196,6
226	1	4	3,1	3,9	172,3	286	1	6	6,3	9,8	179,0
227	1	40	41,4	66,9	72,9	287	3	26	34,9	64,0	157,5
228	2	16	21,8	22,2	126,5	288	3	18	22,2	54,4	153,4
229	1	8	12,3	11,5	116,8	289	1	5	4,0	6,2	145,2
230	1	3	3,0	2,0	122,8	290	2	20	22,0	40,0	140,1
231	1	7	7,2	5,6	114,6	291	1	3	2,7	2,8	167,9
232	3	45	51,0	69,8	106,0	292	1	10	20,0	42,7	132,7
233	2	17	22,1	34,9	147,4	293	2	12	11,3	15,8	149,4
234	1	3	3,9	4,0	116,7	294	-	-	-	-	-
235	1	16	18,2	21,1	152,6	295	3	10	16,5	24,3	153,2
236	1	4	2,8	5,9	158,3	296	1	3	2,4	5,2	258,1
237	1	6	5,5	8,7	159,8	297	1	4	5,7	12,8	240,7
238	1	12	16,9	21,3	128,8	298	1	9	13,8	42,1	179,7
239	2	22	28,3	38,5	85,4	299	2	28	37,7	72,0	160,0
240	1	9	14,7	17,4	115,6	300	3	45	47,3	159,1	109,4

**Anhang Tab. IV:** Felderhebungsdaten Gahma 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag

Gahma, 2009, 1. AW						Gahma, 2009, 2. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
391	1	35	33,6	41,4	339,2	451	1	2	1,8	2,9	294,4
392	1	40	35,8	37,6	297,8	452	1	6	5,7	9,3	218,2
393	1	12	21,2	24,4	318,5	453	1	38	30,5	50,2	274,7
394	1	8	14,5	15,9	358,6	454	1	15	16,0	34,8	266,8
395	1	10	15,4	25,8	296,0	455	1	10	13,1	24,5	352,4
396	1	4	3,2	7,3	278,4	456	1	7	7,6	16,1	307,9
397	2	45	39,6	61,7	324,5	457	2	25	34,2	85,4	213,3
398	1	3	2,7	4,2	386,4	458	2	8	8,5	13,7	301,5
399	1	20	33,2	38,0	345,8	459	1	4	3,5	4,9	302,3
400	1	6	7,1	12,7	336,5	460	1	20	24,5	57,5	296,2
401	3	45	44,4	65,1	315,3	461	1	28	38,1	81,6	197,2
402	1	15	19,4	20,3	341,7	462	2	7	7,9	14,4	249,1
403	3	17	15,1	21,8	273,4	463	1	11	11,4	26,5	284,6
404	2	7	5,7	6,8	362,0	464	1	18	20,9	29,9	220,4
405	2	12	12,3	17,5	358,3	465	1	16	19,6	23,4	188,2
406	1	6	6,3	6,4	374,1	466	1	5	5,8	10,3	251,7
407	1	5	5,1	5,3	338,9	467	2	8	8,7	12,7	211,7
408	1	28	31,3	38,2	301,5	468	1	18	23,3	42,3	239,9
409	2	5	4,8	4,2	371,0	469	1	30	39,4	95,7	265,4
410	1	25	27,5	29,0	281,0	470	1	5	5,0	5,2	255,8
411	1	27	22,8	37,6	343,6	471	1	9	12,1	22,7	219,4
412	1	8	9,2	10,2	307,6	472	1	6	7,8	10,0	258,3
413	2	16	14,6	16,6	275,8	473	2	15	24,4	34,8	229,0
414	1	50	46,8	82,5	237,9	474	1	3	2,4	5,3	222,6
415	1	5	6,3	6,8	378,4	475	2	4	2,7	4,0	274,0
416	1	16	22,1	29,7	374,2	476	1	3	2,4	3,3	217,0
417	1	10	8,2	9,0	379,0	477	3	30	35,4	52,4	219,8
418	1	5	4,7	6,7	382,0	478	1	40	38,8	69,4	216,1
419	1	10	12,1	14,6	318,0	479	2	20	23,3	36,1	180,8
420	1	7	7,5	11,1	362,3	480	1	7	6,7	13,5	198,8



**Anhang Tab. IV – Fortsetzung:** Felderhebungsdaten Gahma 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag

Gahma, 2009, 3. AW						Gahma, 2009, 4. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
541	2	8	6,1	8,7	257,4	631	1	5	5,5	5,2	37,7
542	2	15	18,4	30,2	203,0	632	1	6	4,6	5,0	50,5
543	2	5	2,0	2,9	214,5	633	2	30	32,5	36,7	21,7
544	1	10	11,6	10,0	155,7	634	1	10	7,2	5,4	59,1
545	2	28	29,7	34,2	153,4	635	1	4	3,7	2,8	55,4
546	3	35	34,4	68,6	118,2	636	2	15	16,3	17,7	81,7
547	1	5	8,9	13,8	183,2	637	1	12	11,6	14,9	45,8
548	1	2	1,0	2,1	243,1	638	3	18	19,7	21,2	49,2
549	1	4	3,5	6,6	165,4	639	2	26	27,5	43,3	58,3
550	1	2	1,6	1,9	244,9	640	1	8	5,9	5,5	45,0
551	1	8	12,7	13,8	170,3	641	2	4	2,5	2,5	54,6
552	1	4	5,0	7,8	213,9	642	1	4	2,2	2,9	56,4
553	1	6	5,3	6,4	162,4	643	1	10	9,3	11,4	58,3
554	1	3	3,2	6,3	225,1	644	3	35	29,9	34,8	63,4
555	1	12	13,3	20,5	240,6	645	1	9	9,9	9,9	36,7
556	2	7	5,6	9,0	245,7	646	1	5	5,7	6,8	78,7
557	2	25	29,8	54,3	186,0	647	1	6	6,0	5,4	67,6
558	1	16	17,3	51,3	219,8	648	3	16	14,4	15,8	63,6
559	1	30	38,6	70,8	194,2	649	2	22	18,5	17,9	45,9
560	2	35	32,7	62,0	191,5	650	1	28	23,4	25,1	67,8
561	1	8	9,2	22,4	155,4	651	1	7	8,4	6,8	72,9
562	1	1	0,7	1,4	278,5	652	1	3	1,6	2,1	79,4
563	2	6	5,7	11,6	176,0	653	1	4	2,8	1,3	77,4
564	2	20	26,5	47,3	148,8	654	1	8	7,9	11,4	60,7
565	3	16	18,6	40,9	198,0	655	3	24	20,5	21,4	89,9
566	2	55	59,2	115,0	136,9	656	1	20	24,0	28,4	64,9
567	1	16	21,4	36,3	173,0	657	1	6	6,3	6,8	81,4
568	1	40	40,7	96,3	203,8	658	1	15	18,7	18,5	63,4
569	1	18	28,0	41,8	140,4	659	3	20	30,1	31,6	44,3
570	1	10	15,7	24,2	165,9	660	1	3	2,1	3,7	121,2

**Anhang Tab. V:** Felderhebungsdaten Marbach 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag

Marbach, 2008, 1. AW						Marbach, 2008, 2. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
1	4	38	38,4	65,8	163,8	91	1	3	4,6	12,7	339,1
2	3	9	15,2	22,9	209,1	92	3	8	12,4	23,2	238,5
3	1	5	6,8	10,9	227,5	93	5	18	21,0	43,6	263,5
4	3	8	8,9	11,4	139,4	94	1	4	10,1	26,3	385,5
5	1	2	4,3	5,6	194,2	95	5	45	45,0	110,4	311,1
6	6	25	15,8	35,7	242,8	96	3	20	23,0	71,0	275,2
7	2	23	20,5	41,6	138,3	97	2	4	5,9	13,4	257,5
8	1	6	8,0	7,7	197,4	98	2	6	7,6	16,3	298,1
9	1	5	4,7	8,4	190,0	99	1	2	1,4	3,9	291,8
10	1	4	3,0	3,6	196,2	100	2	7	8,8	17,5	303,4
11	3	45	33,6	69,9	147,6	101	3	36	27,0	40,3	228,6
12	4	12	16,5	25,9	189,5	102	1	10	13,5	20,2	207,8
13	3	11	15,3	31,5	229,5	103	1	5	3,9	6,6	147,6
14	5	15	13,5	33,2	255,8	104	2	22	23,4	48,2	310,1
15	1	2	1,4	3,0	219,9	105	3	15	16,8	28,7	246,0
16	2	17	23,9	32,5	197,4	106	2	7	6,4	16,0	300,1
17	1	8	7,2	10,7	224,6	107	1	3	4,1	8,6	295,1
18	2	7	10,5	13,5	201,9	108	2	9	14,3	42,8	337,2
19	2	4	3,7	9,7	273,1	109	3	16	14,0	33,5	311,3
20	1	4	5,1	8,2	202,1	110	4	28	33,2	102,8	287,5
21	5	14	11,2	19,1	217,4	111	7	35	23,7	55,9	199,3
22	1	3	1,7	2,9	187,3	112	3	8	3,9	10,3	250,0
23	2	6	10,3	12,1	216,2	113	2	12	10,0	20,4	329,7
24	1	6	8,9	11,4	160,8	114	1	2	1,0	3,0	306,9
25	4	16	10,4	13,7	164,2	115	5	25	19,5	46,5	289,6
26	3	9	10,0	14,6	269,5	116	1	4	2,7	4,6	276,9
27	5	10	7,2	14,3	233,7	117	2	14	15,3	22,6	267,4
28	2	3	2,5	7,6	333,7	118	4	13	15,6	31,7	293,3
29	2	5	6,2	8,3	212,0	119	3	22	17,2	30,4	247,1
30	1	4	4,2	8,9	231,4	120	2	10	13,9	27,0	277,8

**Anhang Tab. V – Fortsetzung:** Marbach 2008, Ampferdichte, TM-Ertrag

Marbach, 2008, 3. AW						Marbach, 2008, 4. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
241	1	4	2,9	3,7	235,1	331	4	25	23,5	16,6	101,2
242	4	18	17,6	24,2	196,1	332	3	15	16,7	15,0	151,4
243	3	10	10,1	11,2	209,0	333	1	7	9,0	7,2	118,8
244	3	21	19,7	33,3	229,2	334	2	6	5,7	4,4	154,6
245	1	2	1,7	2,6	238,6	335	1	3	2,3	2,6	158,5
246	4	23	20,0	39,4	168,9	336	2	6	6,1	6,3	137,9
247	2	15	17,6	25,5	163,1	337	2	11	8,4	7,8	146,4
248	2	8	8,7	14,5	215,7	338	2	15	16,3	16,2	134,9
249	1	3	2,8	5,3	160,9	339	1	27	24,5	22,7	97,5
250	3	13	9,9	12,9	134,4	340	4	19	16,3	15,4	104,8
251	6	32	26,8	40,2	234,8	341	2	12	14,5	11,5	144,9
252	3	8	7,3	11,0	230,4	342	2	5	3,9	2,2	116,7
253	3	19	24,0	29,7	211,6	343	2	28	26,7	23,9	116,3
254	1	8	10,0	21,2	233,9	344	2	8	5,8	3,2	147,1
255	1	4	4,6	6,9	271,7	345	2	4	2,7	1,6	144,5
256	1	12	17,6	24,5	122,2	346	1	5	4,6	3,6	146,5
257	2	5	3,3	5,6	198,7	347	1	6	6,1	5,2	174,7
258	1	7	11,3	14,9	122,5	348	2	13	18,8	21,6	138,0
259	4	21	24,5	32,2	221,2	349	3	17	17,6	16,2	119,5
260	1	9	8,7	14,4	239,1	350	1	6	5,4	7,6	146,3
261	4	16	18,0	23,1	190,9	351	2	40	47,4	47,4	127,2
262	3	10	10,7	11,7	189,4	352	2	10	13,9	11,4	144,7
263	1	5	4,4	6,0	202,7	353	1	6	5,9	3,9	142,9
264	3	35	33,8	60,9	209,8	354	1	5	6,8	4,1	160,6
265	4	18	15,9	17,7	191,0	355	3	12	12,7	11,1	132,2
266	2	16	16,3	13,9	158,6	356	4	40	38,6	33,5	110,5
267	1	6	5,0	5,2	140,6	357	1	4	4,4	3,4	159,5
268	1	2	1,8	1,6	196,1	358	1	8	10,7	6,9	151,0
269	2	3	2,4	2,2	178,6	359	4	35	40,3	52,1	131,1
270	5	27	30,7	61,4	217,7	360	1	5	4,7	3,6	140,8

**Anhang Tab. VI:** Felderhebungsdaten Marbach 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag

Marbach, 2009, 1. AW						Marbach, 2009, 2. AW					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag [g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNNFW
361	1	6	4,3	3,5	260,7	481	1	8	11,0	24,9	281,6
362	2	12	6,0	9,8	333,0	482	2	4	1,3	2,4	235,3
363	2	10	9,4	11,5	426,1	483	3	11	8,3	10,9	234,0
364	4	25	14,4	20,7	395,1	484	3	13	13,1	25,3	273,3
365	1	15	11,4	17,4	408,2	485	1	4	3,5	5,9	312,2
366	1	4	3,1	6,1	440,6	486	2	2	1,3	3,8	279,3
367	1	3	1,8	1,7	439,4	487	2	21	18,7	34,4	278,8
368	1	7	6,0	8,6	365,9	488	1	6	5,2	11,5	325,1
369	2	15	7,7	12,6	331,4	489	1	10	10,6	17,9	269,9
370	2	22	18,8	27,4	428,6	490	5	15	9,8	23,4	274,4
371	1	5	4,7	6,2	400,8	491	3	20	19,2	28,4	222,7
372	1	10	8,5	13,0	434,3	492	2	15	18,1	45,3	221,3
373	1	11	8,2	9,4	361,1	493	1	3	3,1	7,7	235,8
374	1	4	2,7	3,3	386,8	494	3	10	11,9	29,0	232,1
375	3	30	22,1	32,9	386,8	495	2	13	13,2	26,9	246,6
376	3	15	11,5	19,1	345,4	496	3	14	17,7	38,1	215,7
377	1	7	8,0	9,0	369,6	497	1	3	2,5	8,8	239,6
378	1	9	7,5	12,2	329,5	498	1	7	7,7	22,7	286,5
379	1	4	2,7	3,8	378,4	499	3	25	33,2	72,3	225,2
380	2	13	7,7	8,7	324,7	500	1	3	2,6	6,6	180,7
381	2	25	28,8	41,0	383,0	501	2	9	13,9	24,7	245,8
382	1	3	4,0	3,5	376,8	502	3	11	11,4	24,7	293,1
383	3	12	12,9	16,6	369,4	503	1	5	4,0	9,5	228,5
384	1	10	15,5	27,3	368,8	504	1	4	5,1	12,9	230,5
385	2	4	3,9	6,2	369,7	505	3	7	6,9	15,0	245,1
386	2	16	11,9	15,1	413,2	506	5	40	34,9	92,5	217,7
387	5	30	26,5	46,2	365,4	507	1	35	30,4	74,0	230,6
388	1	8	10,2	9,5	340,3	508	1	37	38,8	62,5	224,2
389	1	2	2,2	2,3	382,2	509	2	25	25,8	50,9	266,3
390	4	22	15,3	21,3	409,2	510	1	7	6,7	11,7	262,6

**Anhang Tab. VI – Fortsetzung:** Felderhebungsdaten Marbach 2009, Ampferdichte, TM-Ertrag

Marbach 2009, 3. Aufwuchs						Marbach 2009, 4. Aufwuchs					
Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag[g*m <sup>-2</sup> ]		Lfd. Nr.	RUMOB			TM-Ertrag[g*m <sup>-2</sup> ]	
	Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNFW		Anz. *m <sup>-2</sup>	DG <sub>ges</sub> [%]	DG <sub>gem</sub> [%]	RUMOB	NNFW
601	2	8	5,1	19,8	336,3	691	3	10	11,0	8,5	124,7
602	3	12	10,9	44,8	284,2	692	1	2	1,1	0,7	113,8
603	4	15	10,6	55,4	328,7	693	1	3	2,0	1,0	135,3
604	1	5	3,9	18,5	411,6	694	3	17	19,0	13,7	115,8
605	2	5	3,2	19,3	263,2	695	2	24	24,2	22,2	114,9
606	1	3	5,0	17,7	322,7	696	2	35	27,4	21,7	93,4
607	3	7	4,9	13,6	284,4	697	1	16	17,4	16,4	121,1
608	3	11	7,8	28,6	329,4	698	2	12	17,4	13,2	129,7
609	2	6	3,7	13,0	310,9	699	1	2	1,7	1,6	109,0
610	3	15	12,6	30,8	178,7	700	1	6	10,4	5,9	120,7
611	3	21	14,7	41,5	184,6	701	1	4	4,2	2,3	118,2
612	2	9	9,1	26,0	258,5	702	2	11	10,5	7,3	126,1
613	1	1	0,8	2,4	316,4	703	2	21	21,0	18,3	109,2
614	3	17	10,4	40,1	283,2	704	1	8	11,1	8,7	108,6
615	3	10	6,4	26,4	366,9	705	1	7	8,3	4,2	94,4
616	2	40	36,0	93,2	231,9	706	1	23	23,7	20,2	84,0
617	1	7	6,8	15,9	315,7	707	2	5	3,5	2,4	89,6
618	3	20	19,8	42,6	271,1	708	1	7	8,6	7,1	111,2
619	6	30	22,3	54,8	212,1	709	3	12	9,2	7,4	78,6
620	2	25	19,6	64,0	255,8	710	3	9	7,5	5,7	137,5
621	1	13	12,1	32,6	229,9	711	4	12	9,4	5,8	150,9
622	1	3	2,6	3,8	203,8	712	3	9	6,6	4,8	110,9
623	2	18	12,7	44,3	280,0	713	1	2	1,5	1,4	127,8
624	2	22	29,0	65,7	192,4	714	4	15	16,0	11,8	107,5
625	1	10	11,6	18,7	262,2	715	2	16	16,3	11,2	99,0
626	1	6	5,1	11,3	245,5	716	2	21	20,9	15,2	112,7
627	1	2	2,3	7,5	235,7	717	1	6	7,7	3,9	108,8
628	1	2	1,5	2,7	226,3	718	1	1	0,6	0,1	127,6
629	1	7	5,4	11,1	193,8	719	1	1	0,7	0,2	139,9
630	3	28	22,5	53,5	184,0	720	3	28	26,1	20,3	150,9

**Anhang Tab. VII:** Rohmittelwerte der Mineralstoffgehalte [g\*kg TM<sup>-1</sup>] von Ampfer und Gras aus Felderhebungen nach Standort, Jahr und Aufwuchs

Standort	Jahr	Aufwuchs	n		Ca		P		Mg		K	
					Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert	
			NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB
Clausnitz	2008	1. AW	3	3	3,97	5,58	4,05	5,00	1,56	4,67	29,3	42,5
		2. AW	3	3	4,88	6,36	3,50	3,86	1,97	4,97	26,2	35,6
		3. AW	3	3	4,85	7,45	4,12	4,21	2,14	5,22	29,0	38,2
		4. AW	3	3	4,42	5,80	3,87	3,43	1,95	5,05	26,3	38,3
	2009	1. AW	3	3	3,91	5,69	3,58	3,90	1,48	4,78	28,3	35,7
		2. AW	3	3	5,68	5,99	4,95	4,40	2,17	4,56	34,3	36,3
		3. AW	3	3	4,69	6,49	4,15	4,00	2,06	4,57	30,0	35,8
		4. AW	3	3	4,58	5,93	3,78	3,43	2,10	5,45	27,3	37,9
Gahma	2008	1. AW	3	3	4,21	4,72	5,00	4,92	1,98	4,50	42,9	53,9
		2. AW	3	3	4,91	5,07	3,47	3,19	2,16	3,89	31,3	36,0
		3. AW	3	3	5,75	6,63	4,12	3,77	2,47	5,87	36,3	45,4
		4. AW	3	3	5,56	5,96	2,33	2,19	2,56	5,93	28,2	39,2
	2009	1. AW	3	3	3,89	6,13	4,29	4,68	1,62	4,39	37,3	46,9
		2. AW	3	3	6,07	5,57	3,71	3,87	2,10	4,20	30,4	34,7
		3. AW	3	3	6,33	6,49	4,30	4,49	2,47	4,82	33,9	40,1
		4. AW	3	3	9,22	6,73	3,51	3,68	2,97	6,03	33,1	49,1
Marbach	2008	1. AW	3	3	5,01	4,48	4,69	4,76	1,54	3,57	38,6	41,3
		2. AW	3	3	4,45	4,68	3,47	3,31	1,58	2,93	26,7	29,0
		3. AW	3	3	6,62	6,15	4,81	3,59	2,29	3,83	34,9	36,0
		4. AW	3	3	5,70	6,69	4,23	3,82	1,93	5,50	27,8	40,1
	2009	1. AW	3	3	4,38	4,15	3,95	3,56	1,42	3,77	32,3	36,1
		2. AW	3	3	5,22	5,27	3,99	3,63	1,49	3,27	30,1	27,1
		3. AW	3	3	6,17	7,36	3,99	3,30	1,85	3,87	28,4	28,9
		4. AW	3	3	6,73	7,70	3,29	3,76	2,27	5,78	12,7	36,0

**Anhang Tab. VII – Fortsetzung:** Rohmittelwerte der Mineralstoffgehalte [g\*kg TM<sup>-1</sup>] von Ampfer und Gras aus Felderhebungen nach Standort, Jahr und Aufwuchs

Standort	Jahr	Aufwuchs	n		Na		Cl		S	
					Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert	
			NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB
Clausnitz	2008	1. AW	3	3	0,43	0,12	3,33	6,43	2,21	2,99
		2. AW	3	3	0,69	0,13	3,33	5,81	2,22	2,59
		3. AW	3	3	0,61	0,17	8,33	9,83	2,53	2,65
		4. AW	3	3	0,57	0,17	5,06	10,51	2,81	2,39
	2009	1. AW	3	3	0,45	0,20	4,13	7,89	2,14	2,66
		2. AW	3	3	1,06	0,22	11,30	8,82	3,08	2,39
		3. AW	3	3	0,69	0,19	10,42	9,19	2,72	2,28
		4. AW	3	3	1,15	0,28	4,80	6,13	2,50	2,21
Gahma	2008	1. AW	3	3	0,51	0,20	5,73	7,67	2,44	3,01
		2. AW	3	3	0,59	0,13	8,14	6,30	2,24	1,96
		3. AW	3	3	0,92	0,62	11,00	8,48	2,62	2,52
		4. AW	3	3	0,74	0,43	11,40	10,53	2,12	2,10
	2009	1. AW	3	3	0,76	0,25	5,29	7,91	2,20	2,92
		2. AW	3	3	0,84	0,17	6,10	6,34	2,25	2,08
		3. AW	3	3	0,68	0,31	7,71	9,15	2,68	2,51
		4. AW	3	3	0,77	0,62	9,37	8,21	2,59	2,75
Marbach	2008	1. AW	3	3	1,04	0,38	4,24	7,28	2,42	2,49
		2. AW	3	3	1,35	0,23	6,83	7,47	2,09	1,67
		3. AW	3	3	1,17	0,33	4,36	6,53	3,45	1,84
		4. AW	3	3	2,13	0,72	3,30	7,44	3,77	2,29
	2009	1. AW	3	3	1,74	0,53	6,07	8,50	2,23	2,20
		2. AW	3	3	1,32	0,33	5,10	7,05	2,48	1,71
		3. AW	3	3	1,32	0,33	5,74	10,02	3,02	1,77
		4. AW	3	3	3,62	0,77	4,32	7,77	2,73	2,78

**Anhang Tab. VIII:** Rohmittelwerte der Gehalte an Spurenelementen [mg\*kg TM<sup>-1</sup>] von Ampfer und Gras aus Felderhebungen nach Standort, Jahr und Aufwuchs

Standort	Jahr	Aufwuchs	n		Cu		Fe		Mn		Zn	
					Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert		Mittelwert	
			NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB	NNNFW	RUMOB
Clausnitz	2008	1. AW	3	3	8,79	8,37	418,7	154,0	53,1	65,2	36,5	29,8
		2. AW	3	3	8,34	7,40	164,3	96,4	50,0	60,8	33,1	27,8
		3. AW	3	3	8,89	7,82	510,0	122,6	53,6	69,7	29,7	27,9
		4. AW	3	3	7,40	6,68	204,7	118,0	45,9	72,3	28,3	30,9
	2009	1. AW	3	3	8,38	7,03	118,2	95,3	36,5	54,4	29,0	23,8
		2. AW	3	3	10,24	7,68	206,0	83,0	55,5	61,8	37,9	28,8
		3. AW	3	3	8,03	6,59	108,0	84,8	42,0	76,5	40,4	68,3
		4. AW	3	3	7,78	6,07	134,3	127,0	33,2	63,5	26,8	65,5
Gahma	2008	1. AW	3	3	9,14	8,16	556,3	182,3	53,4	57,2	36,9	29,5
		2. AW	3	3	6,73	6,59	146,0	76,4	52,3	53,8	31,5	24,9
		3. AW	3	3	9,21	7,51	217,3	147,3	55,5	71,8	37,0	30,2
		4. AW	3	3	6,65	6,37	154,7	112,0	67,3	80,4	31,2	29,5
	2009	1. AW	3	3	8,09	7,79	126,0	142,0	31,8	41,4	26,4	25,6
		2. AW	3	3	7,63	6,54	135,3	78,8	42,8	49,9	27,8	26,9
		3. AW	3	3	9,17	7,72	314,3	130,7	57,1	52,9	34,1	28,0
		4. AW	3	3	10,08	7,20	539,0	225,3	60,4	76,5	37,2	88,1
Marbach	2008	1. AW	3	3	9,08	6,91	213,0	158,3	94,2	127,0	36,8	31,9
		2. AW	3	3	8,37	6,19	96,7	75,0	78,0	60,4	33,3	23,6
		3. AW	3	3	9,83	6,09	380,0	86,7	80,2	89,4	33,0	31,5
		4. AW	3	3	7,70	7,08	163,3	144,3	76,7	108,3	30,9	52,4
	2009	1. AW	3	3	8,00	6,34	95,0	96,4	60,9	67,8	35,0	25,2
		2. AW	3	3	7,52	6,05	103,9	63,2	74,0	79,3	29,4	27,9
		3. AW	3	3	7,51	6,41	93,6	79,6	74,2	132,3	33,6	42,4
		4. AW	3	3	10,86	7,97	460,7	127,2	114,3	200,3	44,8	100,9



**Anhang Tab. IX:** Rohmittelwerte sonstiger Parameter der Gärqualität der Laborsilierversuche

Standort Jahr		RUMOB FM-Anteil	n	Lager-dichte [g TM*l <sup>-1</sup> ]	TS[g*kg FM <sup>-1</sup> ]	Gärver- lust [%]	BS [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	pH- Wert	Ethanol [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	NH3 [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	NH3-N % Gesamt-N	Gärqualität Punktzahl		
SN												Lettin	DLG 97	DLG 2006
2007		LOLPE SL	3	188,2	275	7,16	1,13	4,3	18,4	0,32	3,61	68	94	92
		SL 05 / 95	3	183,3	268	6,8	1	4,4	19,4	0,23	2,36	61	85	90
		SL 10 / 90	3	183,9	268	7,91	1,5	4,3	11,3	0,39	4,29	59	86	92
		SL 20 / 80	3	199,4	289	8,22	3,43	4,7	15,8	0,55	5,74	54	72	77
		SL 40 / 60	3	168,2	245	8,85	8,37	4,4	16,1	0,34	3,59	56	70	69
		RUMOB	3	150,1	204	8,87	0,5	5,4	15,2	0,19	1,96	33	44	85
2008		LOLPE SL	3	191,8	248	6,66	0,5	4,4	18,5	0,53	5,02	55	91	91
		SL 05 / 95	3	210,5	271	7,13	0,5	4,5	20,5	0,53	4,92	49	82	88
		SL 10 / 90	3	197,7	251	6,61	0,5	4,4	22,4	0,42	4,15	54	81	90
		SL 20 / 80	3	218	271	6,71	0,5	4,5	25,9	0,55	5,00	54	87	89
		SL 40 / 60	3	199,8	247	6,74	0,5	4,4	31,6	0,41	4,08	55	84	90
		RUMOB	3	206	227	7,16	0,5	4,5	34,5	0,09	1,23	54	73	89
2010		LOLPE SL	3	186,1	229	8,42	0,5	4,1	12,7	0,31	4,39	65	100	96
		SL 05 / 95	3	183,4	223	6,62	0,51	4,1	12,2	0,34	4,83	68	100	98
		SL 10 / 90	3	180,7	224	6,71	0,5	4,1	11,1	0,26	3,83	65	100	97
		SL 20 / 80	3	173,8	210	6,66	0,5	4,1	13,5	0,25	3,81	68	100	97
		SL 40 / 60	3	181,9	213	6,38	0,5	4	12,1	0,19	2,60	72	100	100
		RUMOB	3	168,1	188	11,29	0,5	4,3	18,6	0,09	1,18	59	78	93
TH	2007	LOLPE SL	3	178,1	261	10,99	1,8	4,4	16,1	0,35	6,17	52	89	90
		SL 05 / 95	3	167,8	242	5,23	0,53	4,1	9,5	0,1	1,88	72	100	97
		SL 10 / 90	3	168,3	245	8,31	2,13	4,4	15,5	0,2	3,51	58	90	91
		SL 20 / 80	3	162,5	236	5,4	1,17	4,2	8,6	0,14	2,54	65	98	95
		SL 40 / 60	3	166,2	234	6,16	1,17	4,3	7,9	0,25	3,75	60	87	93

**Anhang Tab. IX - Fortsetzung:** Rohmittelwerte sonstiger Parameter der Gärqualität der Laborsilierversuche

Standort Jahr		RUMOB FM-Anteil	n	Lager-dichte [g TM*L <sup>-1</sup> ]	TS[g*kg FM <sup>-1</sup> ]	Gärver- lust [%]	BS [g*kg TM <sup>-1</sup> ]	pH- Wert	Ethanol [g*kg TM-1]	NH3 [g*kg TM-1]	NH3-N % Gesamt-N	Gärqualität Punktzahl		
												Lettin	DLG 97	DLG 2006
		RUMOB	3	124,3	175	4,79	0,8	4,4	7	0,32	2,35	49	84	89
TH	2008	LOLPE SL	3	194	255	7,17	0,5	4,1	13,8	0,14	2,00	73	100	77
		SL 05 / 95	3	185,9	254	6,45	0,42	4	15,6	0,1	1,56	78	100	86
		SL 10 / 90	3	178,8	238	6,3	0,5	4,1	15,1	0,12	1,82	72	90	90
		SL 20 / 80	3	211,7	265	6,78	0,5	4,1	10,9	0,17	2,16	76	91	86
		SL 40 / 60	3	198,4	241	5,95	0,5	4	10,4	0,25	3,09	77	81	99
		RUMOB	3	153,8	175	8,48	0,5	4,2	18,5	0,12	1,41	58	71	94
TH	2010	LOLPE SL	3	199,2	235	5,95	0,5	3,9	8,1	0,16	2,99	82	100	95
		SL 05 / 95	3	188,2	222	5,81	0,5	3,8	10	0,13	2,39	81	100	100
		SL 10 / 90	3	179,2	214	5,91	0,5	3,9	9,4	0,19	3,57	78	100	100
		SL 20 / 80	3	194,9	227	5,63	0,5	3,9	5,6	0,28	4,61	72	100	100
		SL 40 / 60	3	171,2	199	5,86	0,5	3,9	6,9	0,23	3,86	76	100	100
		RUMOB	3	146	165	16,81	0,58	4,2	1,9	0,41	5,35	54	79	95
BY	2007	LOLPE SL	3	187,1	284	16,45	5,73	4,8	42,4	0,48	6,87	48	50	66
		SL 05 / 95	3	171,2	261	16,36	10,03	4,8	38,2	0,47	7,91	41	45	56
		SL 10 / 90	3	198,3	298	14,56	5,11	5	39,2	0,48	8,15	48	47	70
		SL 20 / 80	3	171,7	258	15,29	8,63	4,9	42,1	0,55	7,97	35	43	55
		SL 40 / 60	3	176,1	261	13,93	6,52	4,7	40	0,58	7,39	45	53	63
		RUMOB	3	126,8	179	5,55	0,5	4,2	15,2	0,17	1,43	61	88	96
BY	2008	LOLPE SL	3	264,7	335	6,09	0,36	4,2	8,1	0,11	1,72	94	86	94
		SL 05 / 95	3	262,1	329	5,3	0,39	4,2	6,1	0,07	1,10	93	81	95
		SL 10 / 90	3	237,4	296	5,49	0,5	4,2	7,7	0,13	2,16	83	78	95
		SL 20 / 80	3	227,7	285	5,86	0,5	4,2	9,7	0,19	2,92	80	81	95
		SL 40 / 60	3	209	247	7,26	0,5	4,1	13,9	0,17	2,40	72	88	97
		RUMOB	3	190,6	206	7,55	0,5	4,1	13,4	0,22	2,23	66	77	96

**Anhang Tab. X:** Rohmittelwerte der Mineralstoffgehalte [g\*kg TM<sup>-1</sup>] der reinen Gras- und Ampferproben der Laborsiliverversuche

Standort, Jahr		Variante	n	Ca	P	Mg	K
SN	2007	LOLPE AM	1	5,10	3,07	1,81	24,5
		RUMOB AM	1	5,54	3,64	3,38	33,0
		LOLPE SL	3	6,22	3,29	1,85	25,1
		RUMOB SL	3	6,06	4,31	4,69	37,3
	2008	LOLPE AM	3	7,39	3,14	2,27	18,0
		RUMOB AM	3	6,07	3,22	3,63	28,4
		LOLPE SL	3	7,71	3,58	2,14	19,2
		RUMOB SL	3	5,34	3,59	3,31	28,2
TH	2010	LOLPE AM	3	6,33	3,80	2,30	19,5
		RUMOB AM	3	5,00	4,80	3,37	31,9
		LOLPE SL	3	7,08	3,94	2,11	22,5
		RUMOB SL	3	4,34	4,74	3,80	30,6
	2007	LOLPE AM	1	5,17	2,90	1,58	25,7
		RUMOB AM	1	3,43	4,27	3,84	42,4
		LOLPE SL	3	5,35	3,00	1,40	29,4
		RUMOB SL	3	3,88	4,80	4,96	42,8
	2008	LOLPE AM	3	6,25	3,60	1,76	28,2
		RUMOB AM	3	4,74	4,86	4,52	50,5
		LOLPE SL	3	6,33	3,53	1,50	29,2
		RUMOB SL	3	4,29	4,60	4,94	45,8
	2010	LOLPE AM	3	4,53	3,63	1,87	29,0
		RUMOB AM	3	3,97	4,83	3,67	38,0
		LOLPE SL	3	5,13	3,82	1,72	31,3
		RUMOB SL	3	4,36	5,00	4,24	39,2
BY	2007	LOLPE AM	1	4,90	2,99	1,56	25,9
		RUMOB AM	1	3,44	4,33	4,63	42,0
		LOLPE SL	3	5,27	3,32	1,58	30,5
		RUMOB SL	3	3,98	4,40	6,02	43,2
	2008	LOLPE AM	3	4,68	3,06	1,09	24,4
		RUMOB AM	3	8,43	4,36	3,96	41,2
		LOLPE SL	3	4,48	2,88	1,00	23,9
		RUMOB SL	3	7,36	4,53	4,23	42,8

**Anhang Tab. X – Fortsetzung:** Rohmittelwerte der Mineralstoffgehalte [g\*kg TM<sup>-1</sup>] der reinen Gras- und Ampferproben der Laborsilivversuche

Standort, Jahr		Variante	n	Na	Cl	S
SN	2007	LOLPE AM	1	0,22	1,52	2,53
		RUMOB AM	1	0,09	3,22	2,24
		LOLPE SL	3	0,27	1,36	2,49
		RUMOB SL	3	0,12	3,45	2,52
	2008	LOLPE AM	3	1,71	2,10	2,05
		RUMOB AM	3	0,13	4,57	2,08
		LOLPE SL	3	1,13	1,72	1,80
		RUMOB SL	3	0,15	4,97	1,97
	2010	LOLPE AM	3	1,64	1,77	2,60
		RUMOB AM	3	0,15	4,07	2,37
		LOLPE SL	3	1,43	1,49	2,72
		RUMOB SL	3	0,11	4,48	2,31
TH	2007	LOLPE AM	1	0,33	15,50	1,76
		RUMOB AM	1	0,07	2,91	2,58
		LOLPE SL	3	0,34	17,10	1,77
		RUMOB SL	3	0,13	3,25	2,98
	2008	LOLPE AM	3	1,14	20,50	2,13
		RUMOB AM	3	0,15	2,19	2,79
		LOLPE SL	3	1,08	20,93	2,13
		RUMOB SL	3	0,18	1,60	2,68
	2010	LOLPE AM	3	1,52	16,93	2,10
		RUMOB AM	3	0,08	2,23	2,37
		LOLPE SL	3	1,87	19,50	2,00
		RUMOB SL	3	0,11	2,35	2,59
BY	2007	LOLPE AM	1	0,12	9,92	2,04
		RUMOB AM	1	0,28	4,88	2,91
		LOLPE SL	3	0,15	11,57	2,41
		RUMOB SL	3	0,20	3,71	3,14
	2008	LOLPE AM	3	0,30	5,18	1,67
		RUMOB AM	3	0,23	6,67	2,48
		LOLPE SL	3	0,16	6,00	1,48
		RUMOB SL	3	0,17	6,67	2,62

**Anhang Tab. XI:** Rohmittelwerte der Spurenelementgehalte [mg\*kg TM<sup>-1</sup>] der reinen Gras- und Ampferproben der Laborsilierversuche

Standort, Jahr		Variante	n	Cu	Fe	Mn	Zn
SN	2007	LOLPE AM	1	5,55	84,5	104,0	32,8
		RUMOB AM	1	5,87	99,7	37,5	26,0
		LOLPE SL	3	5,85	112,5	57,8	92,8
		RUMOB SL	3	6,91	108,7	35,3	123,0
	2008	LOLPE AM	3	7,74	184,3	65,9	36,6
		RUMOB AM	3	5,99	141,0	101,1	39,1
		LOLPE SL	3	7,58	176,3	56,0	143,7
		RUMOB SL	3	5,80	99,9	76,8	128,2
	2010	LOLPE AM	3	7,65	172,9	53,1	30,1
		RUMOB AM	3	6,18	79,4	75,8	34,2
		LOLPE SL	3	8,19	107,0	55,8	95,9
		RUMOB SL	3	6,38	137,7	97,1	87,8
TH	2007	LOLPE AM	1	4,67	70,5	70,1	19,7
		RUMOB AM	1	6,54	101,0	57,2	30,1
		LOLPE SL	3	5,28	96,1	81,7	60,8
		RUMOB SL	3	7,58	110,7	61,5	90,1
	2008	LOLPE AM	3	6,12	99,2	104,7	30,8
		RUMOB AM	3	6,65	171,3	68,2	40,5
		LOLPE SL	3	6,07	84,3	108,7	74,4
		RUMOB SL	3	6,48	184,0	55,7	171,5
	2010	LOLPE AM	3	5,71	68,2	59,3	24,0
		RUMOB AM	3	6,36	85,6	51,9	27,4
		LOLPE SL	3	5,73	85,2	40,3	100,1
		RUMOB SL	3	7,13	118,7	49,0	120,9
BY	2007	LOLPE AM	1	5,23	77,2	154,0	24,5
		RUMOB AM	1	7,54	129,0	78,8	34,3
		LOLPE SL	3	6,03	114,3	176,7	76,9
		RUMOB SL	3	8,15	217,3	59,5	120,0
	2008	LOLPE AM	3	4,87	63,4	159,3	23,7
		RUMOB AM	3	7,05	273,0	160,0	33,1
		LOLPE SL	3	4,79	55,7	181,7	67,5
		RUMOB SL	3	7,26	236,7	221,0	190,7

## **Danksagung**

Ich danke allen, die mir bei der Anfertigung dieser Dissertationsschrift hilfreich zur Seite standen. Ob bewusst oder unbewusst, mit Anregungen, strukturellen Hinweisen oder mit fachlichem Rat.

Besonderer Dank gilt dabei den beteiligten Beschäftigten der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft in Jena und Oberweißbach, der Agrargenossenschaften in Clausnitz, Gahma und Marbach sowie der Humboldt-Universität zu Berlin.

Mein Dank gilt auch meiner Frau, die mich bei meinem beruflichen Werdegang jederzeit verständnisvoll unterstützte.

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit zum Thema

**„*Rumex obtusifolius* im Wirtschaftsgrünland - ein modellhafter Ansatz zur ökonomischen Bewertung“**

selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, habe ich als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Niederschöna, 25. Oktober 2012